№ 238 i/4.

BHS III 32

III.

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Bibliothek: III
Gruppe:
B. Nr. 32
Aktiengesellschaft

Die Mechanik.

BIBLIOTHEK
DER K.B.GENERAL
BERGW.U.SALINEN
ADMINISTR.

Die Mechanik

in ihrer Anwendung

auf

Künste und Gewerbe.

Gemeinverständlich dargestellt

von

Andreas Baumgartner,

Doctor der Philosophie, ordentlichem öffentlichem Professor der Physik und angewandten Mathematik, außerordentlichem Professor der populären Mechanik für Handwerker und Künstler an der Wiener Universität, correspondirendem Mitgliede der Gesellschaft des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde in Brünn.

Mit acht Kupfertafeln.

Wien, 1823.
Im Verlage von J. G. Heubner.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Seiner Wohlgeboren

dem

Herrn

Franz Wilde,

Doctor der Philosophie und der freien Künste, k. k. Vicedirector der philosophischen Studien an der Universität in Wien,

als ein Zeichen

der Hochachtung und Verehrung

gewidmet

vom Verfasser.

Vorrede.

Gegenwärtige Schrift ist bestimmt, gemeinnützige Kenntnisse aus dem Gebiete der Mechanik unter derjenigen Classe zu verbreiten, die wegen Mangel einer gründlichen mathematischen Bildung, streng wissenschaftliche Werke über diesen Zweig des Wissens nicht gebrauchen kann, oder der andere Geschäfte nicht erlauben, aus einer ganzen Büchersammlung das für sie brauchbare herauszusuchen. Ich hatte bei meiner Arbeit keinen bestimmten Stand, kein besonderes Gewerbe und keine besondere Kunst, sondern nur die Brauchbarkeit für das bürgerliche Leben überhaupt im Auge; deßhalb werden hoffentlich Leser von der verschiedenartigsten Be-

schäftigung etwas für sich anwendbares finden; wenigstens habe ich keine Mühe gescheuet, practische Vortheile bei mancherlei Gewerben und Künsten kennen zu lernen, sie nebst einer Reihe von alltäglichen nützlichen Erscheinungen auf Grundsätze zurück zu führen, und das, was practische Schriftsteller, von denen ich vorzüglich Eytelwein, Wiebeking, Borgnis und Christian nennen muß, für das bürgerliche Leben, für Künste und Gewerbe brauchbares lieferten, so darzustellen, daß es auch solche verstehen können, die nicht mehr aus der Mathematik wissen, als was in unseren deutschen Schulen gelehrt wird, und was ich am Ende des Buches aus der Arithmetik und Geometrie beibringe. Wie schwierig ein solches Unternehmen ist, wird jeder wissen, der je etwas populär darzustellen versuchte; ich lernte die Schwierigkeiten, bevor ich zur Abfassung dieses Buches schritt, aus meinen Vorlesungen kennen, die ich am Olmützer Lyceum über populäre Mechanik für Handwerker und Künstler durch vier Jahre abhielt. Wie weit ich sie überwunden habe, das mögen Kenner beurtheilen, ich kann nur versichern, daß ich vorzüglich jene Klippen zu meiden suchte, an denen populäre Werke so leicht scheitern, daß es nur wenige gibt, die sich auf dem Strome der

Zeit einige Jahre flott erhielten. Man vermischt nämlich nur gar zu leicht eine gemeinverständliche Darstellung von Wahrheiten mit der Darstellung gemeinverständlicher Wahrheiten, d. i. solcher, die jeder versteht, der einen gesunden Verstand hat, wenn man sie nur nicht in einen Nimbus hochtrabender Worte einzuhüllen sucht. Bei der Bearbeitung eines populären Werkes über Mechanik findet man zu einer solchen Verwechslung viele Gelegenheit; wer sich irre führen läßt, dessen Arbeit hat offenbar nicht das Verdienst genützt, sondern nur das negative, nicht geschadet zu haben. Viele Sätze der Mechanik sind wohl von der Art, daß sie sich ohne mathematische Kenntnisse nur historisch darstellen lassen, bei diesen begnügte ich mich auch mit einer solchen Darstellung, und der Leser, dem dieses zu wenig ist, muß in streng wissenschaftlichen Werken weitere Aufklärung suchen; wo es aber möglich war, den Leser ohne Rechnung, aus der bloßen Natur der Sache eine richtige Vorstellung von der Begründung einer Wahrheit und von ihrem Zusammenhange mit anderen beizubringen, da habe ich es nicht zu thun unterlassen.

Zu mathematischen Deductionen habe ich nie meine Zuflucht genommen, wenn sie nicht beispielweise,

mithin in besonderen Zahlen abgethan werden konnten, weil ich glaube, daß derjenige, welcher algebraische Rechnungen versteht, und den Drang fühlt, sich aus dem Gebiete der Mechanik Kenntnisse zu erwerben, die Anstrengung nicht scheuen wird, seine Kenntnisse dahin zu erweitern, daß er streng wissenschaftliche und tief begründete Werke über Mechanik lesen kann.

Die Ordnung, welche ich gewählt habe, schien mir die zweckmäßigste; denn wer zu irgend einem Behufe einer mechanischen Vorrichtung bedarf, muß sich doch zuerst fragen, durch welche Kraft sie bewegt werden soll. Er muß also zuerst die bewegenden Kräfte kennen, und, um bei ihrer Anwendung zweckmäßig zu verfahren, auch wissen, nach welchen Gesetzen sie wirken. Deßhalb beginne ich mit der Betrachtung der bewegenden Kräfte und ihrer Gesetze, flechte überall Anwendungen ein, welche für den Leser auf der Stufe, wohin ich ihn geführt habe, verständlich sind, und welche die Fruchtbarkeit der vorgetragenen Gesetze beweisen sollen. Ist der Mechaniker über die Wahl der bewegenden Kraft einig, so handelt es sich um die Kenntniß derjenigen Kräfte, die den bewegenden entgegen wirken. Daher folgen auch auf die bewegenden die widerstehenden Kräfte. Es wirken

aber die bewegenden Kräfte nicht immer unmittelbar auf die Last, sondern man bedarf eigener Vorrichtungen, wodurch die Geschwindigkeit, Richtung und Beschaffenheit der Bewegung abgeändert wird. Dieses sind die Maschinen und andere Apparate zur Modification und Regulirung der Bewegungen, die in den Abschnitten 4 und 5 enthalten sind. Die Kenntniß des Materials, woraus eine Maschine verfertiget werden soll, und der allgemeinen Regeln, nach denen man bei der Anlage derselben zu verfahren hat, ist für den Practiker unerläßlich, und davon handelt der 6te und 7te Abschnitt.

Halten Kenner diese Anordnung und Darstellung für zweckmäßig, so bin ich versichert, keine überflüssige Arbeit unternommen zu haben; denn der Nutzen der practischen Mechanik für das bürgerliche Leben ist von jeher anerkannt worden, und er ist heut zu Tage größer als je, weil die Bedürfnisse der Menschen zur Bequemlichkeit und zum Vergnügen so zahlreich geworden sind, daß sie gewiß nicht befriediget werden könnten, wenn alle technischen, dahin zielenden Producte aus freier Hand erzeuget werden sollten; man bedarf dazu der mannigfaltigsten Maschinen. Der sie am besten einzurichten versteht, und dadurch in den Stand gesetzt wird,

seine Producte besser und um billigere Preise zu erzeugen, der trägt den Sieg davon, und macht andere von sich abhängig. Dazu gehören aber Kenntnisse der Mechanik; denn ohne diesen gibt es keinen verständigen Nachahmer, geschweige erst einen glücklichen Erfinder.

Wien im Juni 1823.

Der Verfasser.

Inhaltsanzeige.

Einleitung.

1. Begriff der Mechanik und ihre Eintheilung.
2. Woraus man eine Bewegung erkennt.
3. Raum, Zeit und Geschwindigkeit einer Bewegung.
4. Eintheilung der Bewegung nach ihrer Geschwindigkeit.
5. Begriff der Trägheit und Beweis, daß sie eine Eigenschaft der Körper sey.
6. Nothwendigkeit einer bewegenden Kraft, Eintheilung, Begriff des Gleichgewichtes.

I. Abschnitt.

Von bewegenden Kräften überhaupt.

1. Kapitel.

Aufzählung und Vergleichung der bewegenden Kräfte.

7. Aufzählung der practisch anwendbaren Kräfte.
8. Die Vergleichung der bewegenden Kräfte kann auf zweierlei Art geschehen.

2. Kapitel.

Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

9. Begriff der Resultirenden oder Mittelkraft.
10. Ihre Größe und Richtung für Kräfte mit derselben oder mit entgegengesetzten Richtungen.
11. Ihre Richtung und Größe, wenn zwei Kräfte einen Winkel einschließen.
12. Die Bewegung geschieht nach der Resultirenden — Anwendungen.
13. Richtung und Größe der Resultirenden mehrerer Kräfte, die einen Winkel einschließen.
14. Sie ist kleiner als die Summe der gegebenen Kräfte, Größe des Verlustes — Anwendungen.
15. Zerlegung einer Kraft in mehrere — Anwendung.
16. Zusammensetzung der nicht parallelen Kräfte, die verschiedene Angriffspuncte haben.
17. Bedingung für das Gleichgewicht solcher Kräfte. — Begriff vom Momente.
18. Zusammensetzung der parallelen Kräfte.

II. Abschnitt.

Von den bewegenden Kräften insbesondere.

1. Kapitel.

Schwere und Druck.

A. Schwere und Druck überhaupt.
19. Begriff der Schwere und daß sie den Körpern zukomme.
20. Richtung der Schwere — Anwendungen.
21. Parallele Richtung der Schwere in nahen Orten — Anwendung.
22. Größe der Schwere, und ihr Unterschied vom Gewichte.

23. Gesetze für den freien Fall schwerer Körper.
24. Gesetze für die Bewegung über eine schiefe Ebene.
25. Begriff eines einfachen Pendels.
26. Kraft, durch welche ein Pendel schwingt.
27. Schwingungsgesetze eines Pendels.
28. Begriff eines zusammengesetzten Pendels — es kann immer auf ein einfaches zurückgeführt werden.
29. Gebrauch des Pendels zu Zeitmessern.
30. Gebrauch zur Bewegung der Maschinen. Glocken.
31. Bahn eines schief geworfenen Körpers.
32. Anwendung auf die Bewegung einer abgeschossenen Kugel.
33. Begriff vom Gewichte und seine Eintheilung.
34. Begriff vom Schwerpuncte.
35. Mittel ihn practisch zu finden.
36. Ein Körper fällt nicht, wenn sein Schwerpunct unterstützt ist — Anwendungen.
37. Begriff von der Stabilität. Wovon sie abhängt.
38. Anwendung der Gesetze der Stabilität auf allerlei Geräthe.
39. Anwendung auf Mauern.
40. Würdigung des Gewichtes als bewegende Kraft.

B. Schwere und Druck des Wassers.

41. Der Wasserdruck hängt nicht von der Wassermenge allein ab.
42. Grund dieser Erscheinung.
43. Allseitige Fortpflanzung eines einseitigen Druckes.
44. Größe des Bodendruckes und Anwendung auf Reals Presse.
45. Größe des aufwärts gerichteten Druckes — Der anatomische Heber.
46. Theorie und Beschreibung von Bramah's Wasserpresse
47. Hells Wassersäulenmaschine.
48. Eine andere mit einfacher Wirkung.
49. Eine andere mit doppelter Wirkung.
50. Größe des Seitendrucks.
51. Rückwirkung, wenn eine Seitenwand eine Oeffnung hat. Segners Rad und Barkers Mühle.
52. Erscheinungen an communicirenden Gefäßen bei einer gleichartigen Flüssigkeit.
53. Anwendungen.
54. Abweichung, wenn ein Arm sehr eng ist.
55. Erscheinungen an communicirenden Gefäßen bei ungleichartigen Flüssigkeiten.
56. Druck des Wassers auf einen eingetauchten Körper.
57. Gewichtsverlust eines eingetauchten Körpers und Folgerungen daraus.
58. Mittel einen Körper schwimmend zu machen.
59. Berechnung dieser Mittel.
60. Größe des in eine Flüssigkeit getauchten Theils eines Körpers im Gleichgewichte. — Anwendungen.
61. Derselbe Körper taucht sich in verschiedene Flüssigkeiten ungleich weit ein.
62. Anwendnng auf Aräometer. Ihr Gebrauch.
63. Nothwendigkeit, die Wärme der Flüssigkeiten beim Gebrauche des Aräometers zu berücksichtgen.
64. Erscheinungen, wenn das specifische Gewicht des eingetauchten Körpers oder der Flüssigkeit veränderlich ist.

65. Eingetauchte flüssige Körper verhalten sich wie feste.
66. Einrichtung eines Körpers, wenn er in einer bestimmten Lage schwimmen soll.
67. Anwendung auf Schiffe.
68. Würdigung des Wasserdrucks als bewegende Kraft.
69. Bewegung des Wassers aus einer Bodenöffnung.
70. Bossuts Versuche hierüber bestätigen die Theorie.
71. Bestimmung der Ausflußmenge des Wassers aus einer Bodenöffnung.
72. Zusammenziehung des Wasserstrahls.
73. Verminderung der Ausflußmenge wegen dieser Zusammenziehung.
74. Einfluß cylindrischer Ansatzröhren.
75. Einfluß conischer Ansatzröhren.
76. Ausfluß aus einer Seitenöffnung.
77. Aehnlichkeit mit dem Wurfe der Körper.
78. Ausfluß aus aufwärts gerichteten Oeffnungen.
79. Nothwendigkeit das Wasser in Röhren fortzuleiten.
80. Bewegungsgesetze des Wassers in geraden Röhren.
81. Aufenthalt des Wassers in gekrümmten Röhren.
82. Stärke der Röhren und ihre Anordnung.
73. Nothwendigkeit in offenen Betten Wasser zuzuleiten.
84. Worauf man bei Anlegung eines Canals zu sehen hat.
85. Instrument, um das Gefälle eines Canals zu bestimmen.
86. Gebrauch desselben.
87. Nöthige Größe des Gefälles.
88. Verfahren beim Ausgraben des Bettes.
89. Die Bewegung des Wassers in Flußbetten ist vom Gefälle abhängig und wird durch viele Hindernisse modificirt.
90. Mittel die Geschwindigkeit eines Flusses zu bestimmen.
91. Berechnung der Wassermenge, die durch einen Querschnitt des Bettes geht.
92. Beharrungszustand eines Flusses.
93. Flüsse sind selten im Beharrungszustande.
94. Wodurch er gestört wird.
95. Abhängigkeit der Bewegung des Wassers vom Gefalle.
96. Das Wasser fließt ungeachtet des Gefälles nicht in beschleunigter Bewegung.
97. Einige Vorrichtungen, um mittelst des Wassers Maschinen zu bewegen.
98. Einige Vorrichtungen, um Wasser zu heben — Paternosterwerk, die Schwammmaschine, die Kasten- und Schaufelkunst.

C. Druck der Luft.

99. Eigenschaften und Wirkungen der atmosphärischen Luft.
100. Sie ist flüssig, ausdehnsam und schwer.
101. Beweis der Schwere der Luft.
102. Fortpflanzung des Luftdruckes nach allen Seiten.
103. Maß des Luftdruckes — Barometer.
104. Eigenschaften des Barometers.
105. Vorrichtungen und Erscheinungen, die auf dem Luftdrucke beruhen.
106. Die Spritze.
107. Der gekrümmte Heber.
108. Benützung des Hebers.
109. Die Saugpumpe und ihre Wirkung.

110. Einrichtung der Saugpumpe überhaupt.
111. Ventile, ihre Eintheilung und Würdigung.
112. Kolben, ihre Einrichtung.
113. Unterschied zwischen einer Saug- und einer Druckpumpe.
114. Wirkung der Druckpumpen.
115. Ventile und Kolben. Beschreibung der letzteren.
116. Weder ein Saugwerk noch ein Druckwerk gibt einen ununterbrochenen Strahl.
117. Feuerspritzen.
118. Zweck der Feuerspritzen und Art sie zweckmäßig zu gebrauchen.
119. Romershausens Presse.
120. Wirkung des aufwärts gerichteten Luftdruckes.
121. Beschreibung und Verfertigungsweise eines Luftballons.

2. Kapitel.

Ausdehnsamkeit.

A. Ausdehnsamkeit der Luft.
122. Beweis der Ausdehnsamkeit. — Taucherglocke.
123. Die Ausdehnsamkeit hängt von der Dichte und Wärme ab.
124. Vorrichtungen, die auf der Vermehrung der Ausdehnsamkeit durch Wärme beruhen.
125. Beschreibung und Wirkung des Heronsballes.
126. Beschreibung und Gebrauch des Heronsbrunnens.
127. Hells Wassersäulenmaschine.
128. Windbüchse.
129. Der gemeine Blasbalg. Der einfache, der doppelte. — Fife's Verbesserung.
130. Hölzerne Blasbalge.
131. Baaders Gebläse.
132. Dessen Einrichtung zu kleinen Feuerarbeiten.
133. Die Luftpumpe.
134. Gebrauch der Luftpumpe.
135. Die Spiralpumpe.
136. Erklärung ihrer Wirkung.
137. Einrichtung und Zusammenfügung ihrer Theile.
138. Ihr Vorzug vor anderen Wasserhebzeugen.
139. Erscheinungen, die auf der Zunahme der Ausdehnsamkeit durch Wärme beruhen.
140. Aufsteigen der wärmeren Luft in der kälteren.
B. Ausdehnsamkeit des Wasserdampfes.
141. Natur des Wasserdampfes.
142. Beschreibung und Gebrauch des Thermometers.
143. Maß der Ausdehnsamkeit der Wasserdämpfe.
144. Dampfmaschinen und ihre Eintheilung.
145. Savery's Dampfmaschine.
146. Newkomens und Cawley's Dampfmaschine.
147. Watt's Verbesserungen.
148. Watt's erste Dampfmaschine mit einfacher Wirkung.
149. Watt's Dampfmaschine mit doppelter Wirkung.
150. Dampfmaschine mit horizontalem Dampfcylinder.
151. Trevitthick's Einrichtung der Dampfmaschinen.
152. Dampfmaschinen mit unmittelbarer Drehung.
153. Nähere Betrachtung des Dampfkessels.
154. Nähere Betrachtung des Dampfcylinders.
155. Nähere Betrachtung des Kolbens.
156. Berechnung des Effectes einer Dampfmaschine.
157. Vergleichung der Kraft einer Dampfmaschine mit der Kraft der Pferde.
158. Steinkohlen- und Torfbedarf einer Dampfmaschine.

159. Wasserbedarf einer Dampfmaschine.

3. Kapitel.
Elasticität.

160. Begriff der Elasticität und Grade derselben an wirklichen Körpern.
161. Größe der Kraft einer Feder.
162. Gestalt der Federn nach Verschiedenheit des Zweckes.

4. Kapitel.
Stoß der Körper.

163. Wovon die durch den Stoß bewirkte Aenderung abhängt
164. Größe der Bewegung.
165. Gesetze des Stoßes fester unelastischer Körper.
166. Nähere Betrachtung, wie ein bewegter Körper auf einen andern wirkt.
167. Wirkung der Trägheit beim Stoße. — Anwendungen.
168. Einiges über den Stoß elastischer Körper.
169. Gesetze des Wasserstoßes auf eine unbewegliche Fläche.
170. Gesetze des Wasserstoßes auf eine bewegliche Fläche.
171. Gesetze des Stoßes der Luft.

5. Kapitel.
Muskelkräfte der Menschen und Thiere.

172. Es läßt sich nur ein Mittelwerth für Muskelkräfte angeben. Absolute und beständige Kräfte.
173. Die Kraft desselben Individuums muß bei verschiedenen Arbeiten verschieden seyn.
174. Regniers Dynamometer.
175. Mittel die beständige Muskelkraft zu schätzen.
176. Kraft des Menschen beim Drücken und Heben.
177. Geschwindigkeit eines Mannes.
178. Kraft eines Mannes beim Tragen, bei Schlagwerken, beim Drehen einer Kurbel, beim Schieben.
179. Kraft der Pferde und ihre Geschwindigkeit.

6. Kapitel.
Kräfte von beschränkter Anwendbarkeit.

A. Kraft des Schießpulvers.
180. Wodurch das Schießpulver wirkt.
181. Rumford's Versuche über die Pulverkraft.
B. Ausdehnende Kraft der Wärme.
182. Alle Körper dehnen sich durch die Wärme aus.
183. Beispiel der Anwendung dieser Kraft.
C. Kräfte womit die kleinsten Theile der Körper auf einander einwirken.
184. Beweis daß sich die kleinsten Theile der Körper anziehen, und Beispiel der Anwendung dieser Kraft.
185. Aufsteigen des Wassers in engen Röhren und Anwendung desselben.
186 Vera's Wassermaschine.
D. Electrische Anziehung.
187. Zamboni's Säule.

III. Abschnitt.
Von widerstehenden Kräften.

188. Begriff und Aufzählung der widerstehenden Kräfte.

1. Kapitel.
Reibung.

189. Woher die Reibung entstehe. Reibungscoefficient.

190 Gesetze der Reibung.
191. Die Reibung wirkt bald nachtheilig bald nützlich.
192. Mittel die Reibung zu vermeiden.
193. Anwendung dieser Mittel auf die Einrichtung der Wägen.
194. Widerstand, wenn ein Wagen in die Straße nicht einschneidet.
195. Widerstand, wenn ein Wagen einschneidet.
196. Eisenbahnen.
197. Vergleichung des Widerstandes auf Eisenbahnen mit denen auf gewöhnlichen Straßen.

2. Kapitel.

Widerstand des Mittels.

198. Wie ein Mittel widersteht.
199. Gesetze dieses Widerstandes.

3. Kapitel.

Steifheit der Stricke.

200. Widerstand wegen der Steifheit.

IV. Abschnitt.

Von den Maschinen.

201. Begriff und Eintheilung der Maschinen.

1. Kapitel.

Gleichgewicht der Kräfte an einfachen Maschinen.

202. Aufzählung der einfachen Maschinen.
203. Begriff vom Hebel und dessen Arten.
204. Gesetz des Gleichgewichts beim mathematischen Hebel.
205. Gesetz des Gleichgewichtes beim physischen Hebel.
206. Beschreibung der Schalwage.
207. Ausschlagwinkel bei ungleicher Belastung.
208. Mittel eine falsche Wage zu erkennen.
209. Beschreibung der Schnellwage.
210. Vergleichung der mathematischen und physischen Schnellwage, und beider mit der Schalwage.
211. Begriff und Eintheilung der Rolle.
212. Gesetz des Gleichgewichts bei der fixen Rolle.
213. Gesetz des Gleichgewichts bei der beweglichen Rolle.
214. Begriff vom Rad an der Welle und Gesetz des Gleichgewichtes.
215. Schiefe Ebene und Gesetz des Gleichgewichtes.
216. Begriff vom Keil und Gesetz des Gleichgewichtes.
217. Anwendung auf Gewölbe.
218. Gesetz des Gleichgewichtes bei der Schraube.
219. Gebrauch der Schraube.

2. Kapitel.

Gleichgewicht der Kräfte bei zusammengesetzten Maschinen.

220. Eintheilung der zusammengesetzten Maschinen.
221. Berechnung derselben im Stande des Gleichgewichts.

3. Kapitel.

Bewegung der Maschinen.

222. Wovon die Geschwindigkeit einer Maschine abhängt.

223. Beharrungszustand der Maschinen.
224. Einige kommen nie in einen Beharrungszustand.
225. Effect der Maschinen.
226. Anwendung des Hebels bei gemeinen Geräthschaften.
227. Hebladen,
228. Leupolds Heblade.
229. Polhems Heblade.
230. Aldinis Wassermaschine.
231. Rollenzüge.
232. Vorkommen des Wellrades.
233. Der Berg- oder Hornhaspel.
234. Der Kreuzhaspel.
235. Der Radhaspel.
236. Die Erdwinde.
237. Das Laufrad.
238. Das Tretrad.
239. Die Tretscheibe.
240. Bestimmung der Kraft bei der Tretscheibe.
241. Wellräder, die durch Wasser und Luft bewegt werden.
242. Eintheilung d. Wasserräder.
243. Unterschlächtiges Wasserrad und seine Arten.
244. Wirkung des Wassers auf ein unterschlächtiges Rad u. sein Effect.
245. Richtschnur zur Beurtheilung eines unterschlächtigen Wasserrades.
246. Richtung der Schaufeln bei einem Schußgerinne.
247. Anzahl der Schaufeln.
248. Breite u. Länge der Schaufeln.
249. Richtung und Größe der Schaufeln bei einem Kropfgerinne.
250. Smeatons Versuche über die Wirkung unterschlächtiger Wasserräder.
251. Bau horizontaler Räder.
252. Art der Wirksamkeit des Wassers bei solchen Rädern und ihre Anwendung.
253. Beschreibung eines oberschlächtigen Wasserrades und wie das Wasser darauf wirkt.
254. Wirkung eines Rades, das durch den bloßen Druck des Wassers gedreht wird.
255. Verfahren, um die Schaufeln richtig einzusetzen.
256. Eine in England gebräuchliche Art oberschlächtiger Räder.
257. Wirkung des Wassers, wenn es ein Rad durch Druck u. Stoß zugleich bewegt.
258. Smeatons Versuche über die Wirkung oberschlächtiger Wasserräder.
259. Vergleichung der drei angeführten Wasserräder unter einander.
260. Windflügel und ihre Eintheilung.
261. Wirkung des Windes auf Windflügel und die Einrichtung verticaler Flügel.
262 Einrichtung horizontaler Windflügel.
263. Vergleichung horizontaler und verticaler Windflügel.
264. Gestalt der Windflügel.
265. Bau der Windflügel.
266. Smeatons Versuche über die Wirkung des Windes auf Windflügel.
267. Zahnräder und ihre Eintheilung.
268. Bedingungen zum gleichförmigen und sanften Gang eines Räderwerkes.
269. Einfluß der Zusammenstellung der Räder auf die Richtung ihrer Bewegung.
270. Einfluß ihrer Zusammenstellung auf die Größe der Reibung. Nützliche Lehren hieraus.
271. Methode das Verhältniß der Umdrehungszeiten oder der

)(

Umdrehungszahlen bei zwei Rädern zu finden.
272. Dasselbe für mehrere Räder.
273. Einfluß der Theilbarkeit der Zähnezahl am Rade und Getriebe auf den Gang des Räderwerkes.
274. Methode aus dem Verhältnisse der Umdrehungszahlen die Anzahl der Zähne zu finden.
275. Regeln, die dabei zu beobachten sind.
276. Mittel um diesen Regeln Genüge zu leisten, wenn die Factoren der Umdrehungszahlen zu klein sind.
277. Mittel zu demselben Zwecke, wenn die Umdrehungszahlen Primzahlen sind.
278. Frater Davids Rädergebäude.
279. Auflösung einer Aufgabe nach diesem Rädergebäude.
280. Erläuterung des bisher gesagten an einer Taschenuhr.
281. Mittel, um den Ort der Zähne am Umfange der Räder zu bestimmen. Schneidmaschine.
282. Stärke der Zähne und Triebstöcke.
283. Material zu Zähnen, Kämmen und Triebstöcken.
284. Gestalt der Zähne.
285. Mittel den Zähnen eines Sternrades das in einen Trilling eingreift, die rechte Gestalt zu geben.
286. Mittel zu demselben Zwecke, wenn 2 Sternräder in einander greifen.
287. Wie man die Stücke des Kranzes mit einander verbindet.
288. Wie man den Kranz mit der Welle verbindet. Regeln.
289. Einrichtung der Welle.
290. Einrichtung der Zapfen.
291 Einrichtung der Pfannen.
292. Gestalt der Pfannen für mancherlei Zwecke.
293. Geschlossene Pfannen — Reibungsrollen.
294. Anwendung des Keils.
295. Beschreibung des Pfluges
296. Kräfte, welche auf den Pflug wirken.
297. Wie der Gang des Pflugs mit der Größe und Richtung der Zugkraft zusammenhängt.
298. Einrichtung der Schraube, wenn man sie zum Pressen braucht.
299. Anwendung der Schraube zu Theilmaschinen
300. Prony's Schraube zu sehr feinen Bewegungen.
301. Beschreibung der Wasserschraube.
302. Wie die Wasserschraube wirkt.
303. Einrichtung der Wasserschraube zur Erlangung des größtmöglichsten Effectes.

V. Abschnitt.

Von den Mitteltheilen der Maschinen.

304. Begriff und Zweck der Mitteltheile einer Maschine.

1. Kapitel.

Mitteltheile, um eine Bewegung unter veränderter oder unveränderter Richtung fortzupflanzen.

305. Nothwendigkeit solcher Mitteltheile.
306. Aufzählung der vorzüglichsten Mitteltheile zum genannten Zwecke.
307. Sternräder als Fortpflanzungsmittel der Bewegung.
308. Mittel, um mittelst Räder eine Bewegung unter einem

rechten Winkel fortzupflanzen.
309. Ein anderes Mittel.
310. Mittel, eine Bewegung unter einem spitzigen Winkel fortzupflanzen.
311. Mittel, um eine drehende Bewegung in eine geradlinige hin und hergehende zu verwandeln.
312. Ein anderes Mittel.
313. Wieder ein anderes und zwar besseres Mittel.
314. Noch ein anderes Mittel.
315. Gebrauch der Kurbeln.
316. Ihre Anwendung, um eine drehende Bewegung in eine geradlinige zu verwandeln.
317. Gebrauch zweifacher und dreifacher Kurbeln.
318. Feldgestänge.
319. Watts Räderwerk statt der Kurbel.
320. Anwendung der elliptischen Scheibe.
321. Sie wirkt wie eine schiefe Fläche.
322. Anwendung mehrerer elliptischen Scheiben an einer Axe.
323. Rad mit wellenförmigen Vertiefungen.
324. Elliptische Scheibe, um einen Körper gleichförmig zu heben.
325. Methode, der Scheibe die nöthige Krümmung zu geben.
326. Prüfung der Richtigkeit des gelehrten Verfahrens.
327. Herzförmige Scheibe, und Methode sie zu machen.
328. Prüfung der Richtigkeit dieser Methode.
329. Däumlinge.
330. Beschreibung eines Stämpfers.
331. Heblatte.
332. Wovon der Hub eines Stämpfers abhängt.
333. Ungleichheit der Last während des Hubes.
334. Mittel sie zu vermindern und aufzuheben.
335. Nöthige Gestalt der Däumlinge.
336. Mittel, damit sie diese Gestalt nicht verlieren.
337. Reibung der Stämpfer an den Scheidelatten, und Einrichtung der Stämpfer, um sie zu vermindern.
338. Ort für die Scheidelatten und die Heblatte.
339. Noch eine andere Einrichtung der Stämpfer.
340. Anordnung mehrerer Stämpfe an einer einzigen Welle.
341. Ketten und Stricke, woraus sie gemacht werden.
342. Eigenschaften einer Kette und Aufzählung einiger brauchbarer Ketten.
343. Ketten und Stricke können Zähne vertreten.
344. Vorrichtungen zum Spannen der Stricke.
345. Wie man 2 Räder mittelst Ketten u. Stricken verbindet.
346. Verwandlung einer drehenden Bewegung in eine geradlinige mittelst Ketten.
347. Unzulänglichkeit der hier aufgezählten Fortpflanzungsmittel der Bewegung für große Entfernungen.
348. Die Wassersäulen lassen sich mit Vortheil als Fortpflanzungsmittel brauchen.
349. Worauf man bei ihrer Anlage zu sehen hat.

2. Kapitel.

Mitteltheile, um eine Bewegung zu reguliren.

350. Nothwendigkeit solcher Mitteltheile und Aufzählung der vorzüglichsten darunter.

351. Begriff von einem Schwungrade und wie es wirket.
352. Wo die Anwendung eines Schwungrades vortheilhaft ist.
353. Jedes Rad kann zugleich Schwungrad seyn.
354. Zweckmäßige Einrichtung eines Schwungrades.
355. Beschränkung ihrer Anwendbarkeit.
356. Schnecken als Regulatoren der Bewegung.
357. Wirkung excentrischer Scheiben.
358. Unzulänglichkeit veränderlicher Gegengewichte an Berghaspeln.
359. Zweckmäßigkeit excentrischer Scheiben für diesen Fall — ihre Einrichtung.
360. Beschreibung veränderlicher Gegengewichte.
361. Anwendung der Idee der veränderlichen Gegengewichte auf Dampfwägen.
362. Anwendung und Wirkung der Windfänge.
363. Beschreibung des conischen Pendels und seine Wirkung.
364. Erklärung seiner Wirkung aus der Fliehkraft. — Beweis für das Daseyn der Fliehkraft.
365. Anwendung des conischen Pendels auf Dampfmaschinen.

VI. Abschnitt.

Von der Festigkeit der Materialien.

366. Festigkeit und ihre Eintheilung.

1. Kapitel.

Absolute Festigkeit.

367. Wie man sie erfährt, und welche Gesetze sie befolgt.
368. Festigkeiten einiger Holzarten und Metalle.
369. In wie weit man sich auf Versuche verlassen darf, welche die Festigkeit betreffen.
370. Festigkeit der Stricke.

2. Kapitel.

Relative Festigkeit.

371. Art sie zu erforschen — Einfluß der Biegsamkeit.
372. Gesetz der relativen Festigkeit.
373. Anwendung auf die vortheilhafteste Lage und Gestalt eines Balkens.
374. Brechen der Balken, die an beiden Enden befestigt sind.
375. Einfluß des Gewichtes der Balken auf ihre Festigkeit.
376. Vergleichung der Balken, die an einem und an beiden Enden befestigt sind.
377. Eytelweins Versuche über die relative Festigkeit.

3. Kapitel.

Rückwirkende Festigkeit.

378. Art sie zu erforschen und ihr Gesetz.
379. Einfluß der Natur eines Körpers auf die Art, wie seine Theile getrennt werden.
380. Musschenbröck's Versuche hierüber.

VII. Abschnitt.
Allgemeine Regeln für den Maschinenbau.

1. Kapitel.
Maschinen im Großen.

381. Was bei ihrer Anlegung zu beobachten sey.
382. Vorzug des Druckes vor dem Stoße. Anwendung der Regulirungsmittel — Beschränkung derselben.
383. Sparsamkeit bei der Anwendung der bewegenden Kraft.
384. Verminderung der widerstehenden Kräfte.
385. Rücksicht auf das Materiale einer Maschine.
386. Wann Bauholz geschlagen und wie es behandelt werden soll.
387. Mittel der Fänlniß vorzubeugen.
388. Prüfungsmittel der Güte des Bauholzes.
389. Nicht alle Theile einer Maschine brauchen gleich fest zu seyn.

2. Kapitel.
Modelle.

390. Nothwendigkeit der Modelle.
391. Nöthige Eigenschaften eines Modells.
392. Abweichung der Wirksamkeit einer Maschine von der des Modells, nach dem sie gebaut ist.
393. Ursachen dieser Abweichung.
394. Einfluß der Kräfte von beschränkter Größe.

Zusätze aus der Arithmetik und Geometrie.

A. Einiges aus der Arithmetik.

1. Operationszeichen.
2. Begriff der Theilbarkeit der Zahlen.
3. Begriff der geraden und ungeraden Zahlen.
4. Theilbarkeit durch 2
5. Theilbarkeit durch 3
6. Theilbarkeit durch 4
7. Theilbarkeit durch 5
8. Theilbarkeit durch 8
9. Theilbarkeit durch 9
10. Theilbarkeit durch 10
11. Theilbarkeit durch 11
12. Theilbarkeit durch zusammengesetzte Zahlen.
13. Begriff einer Primzahl.
14. Auflösung einer Zahl in Factoren.
15. Begriff einer Potenz, einer Wurzel, eines Quadrates, Würfels.
16. Begriff des Quadrirens und Wurzel Ausziehens.
17. Wurzelzeichen.
18. Ausziehen der Quadratwurzel aus zweiziffrigen Zahlen.
19. Nicht jede Zahl ist ein Quadrat.
20. Ausziehen der Quadratwurzel aus mehrziffrigen Zahlen.
21. Ausziehen der Quadratwurzel durch Näherung.

B. Einiges aus der Geometrie.

1. Begriff eines geometrischen Körpers, einer Fläche, einer Linie, eines Punctes.
2. Gerade und krumme Linien.
3. Vergleichungsmittel gerader Linien.

4. Begriff des Kreises und der darin vorkommenden Linien.
5. Eintheilung des Kreises in Grade.
6. Maß des Kreisumfanges und eines Kreisbogens.
7. Begriff der Cycloide und Epicycloide.
8. Begriff paralleler Linien und eines Winkels.
9. Eintheilung der Winkel.
10. Maß der Winkel.
11. Druck und seine Eintheilung.
12. Viereck, Fünfeck ꝛc.
13. Ein gleichseitiges Dreieck zu beschreiben.
14. Einen Winkel zu halbiren.
15. Eine Linie zu halbiren.
16. Auf einer Linie aus einem gegebenen Puncte eine senkrechte zu ziehen.
17. Auf eine Linie eine senkrechte zu errichten.
18. Zu einer Linie eine parallele zu ziehen.
19. Auf einen Punct eines Kreises ein Tangente zu ziehen.
20. Den Mittelpunct eines Kreises zu finden.
21. Eine gerade Linie in gleiche Theile zu theilen.
22. Einen Kreisbogen zu halbiren.
23. Den Umfang eines Kreises in 2, 4, 8, 16 ꝛc. gleiche Theile zu theilen.
24. Den Umfang eines Kreises in 6, 12, 24 ꝛc. gleiche Theile zu theilen.
25. Vergleichung der Flächen mit einander.
26. Den Flächeninhalt eines Rechteckes zu finden.
27. Den Flächeninhalt eines Parallelogramms zu finden.
28. Den Flächeninhalt eines Dreiecks zu finden.
29. Den Flächeninhalt irgend einer geradlinigen Figur zu bestimmen.
30. Den Flächeninhalt eines Kreises zu finden.
31. Vergleichung der Körper mit einander.
32. Begriff eines Prisma.
33. Den Cubikinhalt eines Prisma zu finden.
34. Begriff eines Cylinders.
35. Den Cubikinhalt eines Cylinders zu finden.
36. Begriff einer Pyramide.
37. Den Kubikinhalt einer Pyramide zu finden.
38. Begriff eines Kegels.
39. Den Cubikinhalt eines Kegels zu finden.
40. Begriff der Ellipse.
41. Den körperlichen Inhalt einer Kugel zu finden.
42. Den Cubikinhalt irgend eines Körpers zu finden.

Einleitung.

1.

Die Mechanik ist die Lehre von den Gesetzen der Bewegung und des Gleichgewichtes. Diese Gesetze lassen sich auf *zwei* verschiedene Arten darstellen, entweder so, daß sie alle möglichen Bewegungen und Bedingungen des Gleichgewichtes umfassen, und zur Erklärung der Naturerscheinungen überhaupt führen, oder so, daß sie nur diejenigen Bewegungen und jene Bedingungen des Gleichgewichtes in sich schließen, die für das bürgerliche Leben von vorzüglicher Anwendbarkeit sind. Erstere machen den Inhalt der reinen oder rationellen Mechanik aus, letztere den der angewandten oder practischen, die man auch Gewerbsmechanik nennen könnte. Jene gründet sich ganz auf speculative Betrachtungen; sie nimmt allgemeine Ursachen der Bewegungen an, ohne sich darum zu bekümmern, ob sie in der Wirklichkeit vorhanden sind oder nicht; sie betrachtet alles in einem mathematischen genau bestimmten Zustande, wenn er auch in der Natur nicht so existirt: diese hingegen beschränkt sich nur auf solche Quellen der Bewegungen, die uns die Wirklichkeit darbiethet; sie nimmt überall auf das Rücksicht, was die Er-

fahrung lehrt, und verliert nie die Anwendbarkeit zum Nutzen oder Vergnügen des bürgerlichen Lebens aus dem Auge.

2.

Man erkennt leicht in jedem einzelnen Falle aus der Veränderung oder aus der Beständigkeit der Lage der Körper gegen einander, ob eine Bewegung vor sich geht oder nicht. So beurtheilt der, welcher sich in einem Schiffe befindet, ohne Schwierigkeit, ob Ruhe oder Bewegung herrscht, wenn er auf die Gegenstände des festen Landes hinsieht. Aber welcher Körper in Bewegung ist, das läßt sich nicht immer so leicht entscheiden; man könnte wohl leicht einen Menschen, der stets auf einem Schiffe lebte, überreden, daß er sich nicht mit dem Schiffe stromabwärts bewege, sondern daß er ruhe, und die Bäume, Häuser ꝛc. am festen Lande aufwärts gehen, so wie sich der gemeine Mann meistens für überzeugt hält, daß die Sonne sich täglich um die Erde herumbewege, während der Astronom fest überzeugt ist, daß diese Bewegung der Erde zukomme.

3.

Alles Bewegte muß in einer gewissen Zeit einen gewissen Raum oder Weg zurücklegen. Denkt man sich das Bewegliche als Punct, so kann man sich den Weg, den es zurücklegt, als Linie vorstellen. Diese Vorstellungsweise geht selbst dann noch an, wenn ein Körper, d. i. gleichsam eine Menge mit einander verbundener Puncte, sich so bewegt, daß alle Theile einerlei Bewegung haben, wie dieses bei einem herabfallenden Steine der Fall ist, der sich nicht zugleich während des Falls dreht. Wenn man zwei Körper mit einander vergleicht, deren jeder in einer gewissen Zeit

einen gewissen Raum zurücklegt, so sagt man, derjenige hat eine größere Geschwindigkeit, der entweder in derselben Zeit einen größeren Weg zurücklegt, oder der denselben Weg in kürzerer Zeit macht. Ueberhaupt drückt man die Geschwindigkeit durch den Weg aus, den ein Körper in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde zurücklegen würde, wenn er, nachdem er einmahl in Bewegung gesetzt ist, nun sich selbst überlassen wäre, und daher durch sich selbst weiter fortginge. Es hat daher jeder bewegte Körper eine gewisse Geschwindigkeit; wiewohl man nach dem im gemeinen Leben gangbaren Begriffe von Geschwindigkeit nur von jenen Körpern sagt, sie bewegen sich geschwind, die schnell, d. i. mit großer Geschwindigkeit fortschreiten.

4.

Eine Bewegung, deren Geschwindigkeit durchaus dieselbe bleibt, heißt gleichförmig; diejenige, deren Geschwindigkeit immer zunimmt, nennt man beschleunigt, deren Geschwindigkeit abnimmt, verzögert. Die Bewegung der Erde um ihre Axe gibt ein Beispiel von der ersten, die eines frei fallenden Körpers von der zweiten, die eines gerade in die Höhe geworfenen von der dritten Bewegungsart.

Gleichförmig beschleunigt heißt die Bewegung, wenn ihre Geschwindigkeit so wächst, wie die Zeit der Bewegung zunimmt. Bei einer solchen Bewegung wird die Geschwindigkeit am Ende der zweiten Secunde zweimahl, am Ende der dritten dreimahl so groß seyn, als am Ende der ersten Secunde.

Gleichförmig verzögert nennt man sie, wenn

die Geschwindigkeit so abnimmt, wie die Zeit zunimmt. In jedem andern Falle ist die Bewegung eine ungleichförmig beschleunigte oder ungleichförmig verzögerte.

5.

Kein Körper kann sich als solcher weder selbst bewegen, noch die einmahl angenommene Bewegung durch sich selbst ändern oder enden.

Der erste Theil dieser Behauptung ist für sich selbst klar, man könnte nur vielleicht durch die Bewegungen lebender Körper irre geführt werden, weil sie sich selbst bewegen. Allein auch bei diesen trennen wir ja immer im Gedanken das Bewegte von dem Bewegenden, das eigentlich Körperliche von dem Unkörperlichen.

Vom zweiten Theile überzeugt man sich durch Erfahrungen:

Wenn man eine Kugel auf einem ebenen Boden durch einen Stoß fortschiebet, so bewegt sie sich desto länger vorwärts, je glatter der Boden ist, d. h. je weniger Hindernisse da sind, und man kann mit Grund behaupten, daß sie sich beständig fortbewegen würde, wenn gar kein Hinderniß vorhanden wäre.

Das Unvermögen eines bewegten Körpers seine Bewegung zu enden, verräth sich am deutlichsten an einer Kugel, die man in einer bogenförmigen Rinne (Fig. 1) ABC herablaufen läßt. Wenn sie nämlich von A aus im untersten Puncte B der Rinne angekommen ist, so steigt sie selbst gegen den Zug der Schwere von B nach C aufwärts. Dasselbe empfinden wir an uns selbst, wenn wir einen Berg herabgelaufen sind; man muß sich völlig anstrengen, um sich in der Ebene

im Laufe zurückzuhalten. Diese Eigenschaft der Körper heißt man **Trägheit**, und man versteht darunter bloß das Unvermögen ihren Zustand selbst zu ändern.

6.

Da die Körper träg sind, so muß bei jeder Bewegung etwas vorhanden seyn, wodurch sie hervorgebracht wird. Man nennt dieses **bewegende Kraft**. Aeußert eine bewegende Kraft ihr Vermögen durch wirkliche Bewegung, so heißt sie **lebendig**; wird sie aber daran durch eine andere Kraft gehindert, so heißt sie **todt**. Von Kräften, deren eine die andere in der Bewegung hindert, sagt man, sie stehen im **Gleichgewichte**.

Erster Abschnitt.

Von bewegenden Kräften überhaupt.

Erstes Kapitel.

Aufzählung und Vergleichung der bewegenden Kräfte.

7.

Bewegende Kräfte, welche practisch anwendbare Wirkungen hervorbringen können, sind:

1. Die Schwere und der daraus hervorgehende Druck der Körper, insbesondere der Druck des Wassers und der Luft. So werden unsere Wanduhren durch feste Gewichte; die oberschlächtigen Wasserräder durch den Druck des Wassers in Bewegung gesetzt, und so wird die Wassersäule in den gemeinen Pumpen durch den Druck der Luft gehoben.
2. Die Ausdehnsamkeit, vorzüglich der Luft und der Wasserdämpfe. Dadurch wirken die Windbüchsen, und die in unsern Tagen so berühmten Dampfmaschinen.
3. Die Elasticität, vorzüglich des Stahles, des gehämmerten Messings, des Holzes. Unsere Sackuhren werden so bewegt.
4. Der Stoß eines schon bewegten Körpers, besonders des Wassers und der Luft. So wird eine Billardkugel durch eine andere; ein unterschlächtiges Wasserrad durch den

Stoß des Wassers; der Flügel einer Windmühle durch den Stoß der Luft bewegt.

5. Die Muskelkräfte der Thiere und Menschen. Dadurch werden bekanntlich Pflüge und Wägen, Tretscheiben und Laufräder in Bewegung gesetzt, Kurbeln umgedreht u. d. m.

Außer diesen Kräften, deren Anwendung im gemeinen Leben sehr allgemein ist, und auch einen gewissen Spielraum gestattet, gibt es auch noch andere von beschränkterer Anwendbarkeit, wie z. B. die Kräfte, wo nur die kleinsten Theile der Körper auf einander wirken, die Kraft der Wärme, der Electricität.

8.

Der Mechaniker sieht durchaus nicht auf den letzten innern Grund dieser Kräfte zurück; er untersucht keineswegs, wie z. B. der Mensch seine Glieder bewegt und dadurch auf Maschinen wirkt; er frägt nicht, worauf die Ausdehnsamkeit, die Elasticität u. s. w. zuletzt beruht; sondern er berücksichtigt einzig und allein ihre Wirkungen. Um sie aber unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunct zu bringen, muß er die Wirkungen aller Kräfte auf irgend eine einzige Wirkung zurückführen, von der jedermann einen bestimmten Begriff hat. Dieses ist das Gewicht. Es müssen daher alle Kräfte nach Gewichten geschätzt werden. Dieses kann aber auf zweierlei Art geschehen.

Die erste besteht darin, daß man das Gewicht angibt, welches irgend einer Kraft das Gleichgewicht hält. So kann man die Kraft eines Menschen durch die Größe des Gewichtes schätzen, das er tragen kann, ohne sich von der Stelle zu bewegen. Die zweite Art besteht darin, daß man eine Kraft

nach der Größe des Gewichtes und zugleich nach der Höhe schätzt, zu welcher sie es in einer gegebenen Zeit hebt. Dieses geschieht z. B. wenn man sagt, ein Pferd sey in Rücksicht seiner Kraft 7 Menschen gleich. Dieses ist keineswegs so gemeint, als herrsche Gleichgewicht, wenn 7 Menschen an einem Seile nach einer Seite ziehen und ein Pferd nach der entgegengesetzten, sondern daß ein Pferd in einer gewissen Zeit eine eben so große Last auf eine gewisse Höhe heben kann, als 7 Menschen. Die letztere Methode hat vor der ersten einen unbestreitbaren Vorzug; denn, wenn man z. B. Arbeiter braucht, so will man doch nicht sowohl wissen, wie viel sie tragen können, ohne vom Platze zu kommen, als wie viel Arbeit sie in einer gegebenen Zeit vollführen können. Indeß gibt es doch Fälle, wo eine Schätzung der Kräfte nach der ersten Art von Wichtigkeit ist, nämlich, wo man wissen will, welche Kraft einer gegebenen das Gleichgewicht halten kann.

Zur Versinnlichung stellt man dann die Kräfte durch Linien vor, die sich zu einander verhalten, wie die Kräfte selbst. So muß eine Linie doppelt so groß seyn, als eine andere, wenn sie eine doppelt so große Kraft als jene vorstellen soll. Diese Linien geben zugleich die Richtungen der Kräfte an.

Zweites Kapitel.

Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte.

9.

Wenn mehrere Kräfte auf einen Körper wirken, so kann man sich immer eine einzige vorstellen, welche der Wirkung

nach, allen übrigen zusammen genommen gleich kommt. Man nennt sie die Resultirende oder die Mittelkraft.

10.

Wenn zwei oder mehrere Kräfte auf einen Punct nach derselben Richtung wirken, so ist die Mittelkraft der Summe aller Kräfte gleich; wenn sie nach entgegen gesetzten Richtungen wirken, so gleicht sie dem Unterschiede der Kräfte, deren Richtungen entgegen gesetzt sind. Ziehen z. B. mehrere Kräfte, die durch 2, 3, 5, 6, ausgedrückt werden, an einer Last, so ist es eben so viel, als wenn diese Last von einer Kraft gezogen würde, die durch $2 + 3 + 5 + 6 = 16$ ausgedrückt wird. Ziehen aber die Kräfte 2 und 3 nach einer, 5 und 6 nach der entgegen gesetzten Seite, so wäre es eben so, als wenn die Kräfte $(5 + 6) - (2 + 3) = 6$ nach der Seite der Kräfte 5 und 6 wirkten.

11.

Wenn zwei Kräfte AB und AC (Fig. 2) unter dem Winkel CAB auf den Punct A wirken, so ist die Mittelkraft durch die Diagonale AD des Parallelogramms ABCD der Größe und Richtung nach gegeben. Man heißt ein solches Parallelogramm, dessen Seiten die Kräfte mit ihrer Neigung gegen einander vorstellen, Parallelogramm der Kräfte. Die Kräfte AB und AC selbst heißen Seitenkräfte in Beziehung auf die Mittelkraft AD.

12.

Weil jeder Körper träg ist, so muß er in der Richtung fortgehen, nach welcher die bewegende Kraft wirkt. Wenn also AD auf A wirkte, so müßte A auch die Richtung AD nehmen; indem aber AD den Kräften AB und AC der Wir=

kung nach gleich ist, und so muß A auch nach der Richtung der Diagonale AD gehen, wenn AB und AC darauf wirken. Aus diesem Grundsatze erklären sich viele für das Leben wichtige Erscheinungen: Man ersieht z. B. hieraus, warum oft der Regen bei einem Winde so schief herabfällt, daß er an die Mauern der Gebäude anschlägt; warum dieses vorzüglich beim Nordwest- oder Nordwinde der Fall ist, und warum man die Wände gegen diese Seite am festesten und aus dem trockensten Materiale machen, und dorthin nie ein Gemach verlegen soll, welches zur Aufbewahrung solcher Körper bestimmt ist, denen Feuchtigkeit leicht schadet; ferner erklärt man hieraus die Richtung eines Schiffes, welches von Rudern und durch Segel zugleich getrieben wird, oder die eines fallenden Baumes, der mittelst zweier Stricke nach verschiedenen Richtungen umgerissen wird.

13.

Es ist leicht einzusehen, daß man nach diesem Grundsatze aus was immer für einer Anzahl von Kräften, die mit einander Winkel einschließen, die Mittelkraft finden kann. Wäre z. B. von den Kräften AB, AC, AD und AE (Fig. 3) die Mittelkraft zu suchen, so ziehe man BF mit AC parallel und mache BF = AC, hierauf FG mit AD parallel, und FG = AD, dann GH mit AE parallel und GH = AE, ziehe AH, so stellt diese die gesuchte Mittelkraft vor.

14.

Eben so leicht erkennt man, daß in jedem Falle, wo Kräfte unter einem Winkel zusammenwirken, die Mittelkraft kleiner sey, als die Summe der gegebenen Kräfte, und daß daher ein Verlust an Kräften Statt finde. Weil aber die

Diagonale des Parallelogramms bei einerlei Länge der Seiten desto größer ist, je kleiner der Winkel ist, den sie schneidet, so ist dieser Verlust auch desto geringer, je kleiner der Winkel ist, unter welchem die Kräfte zusammen wirken.

Diese Wahrheiten geben uns den nützlichen Wink, Kräfte wo möglich gleichlaufend wirken zu lassen, und wo dieses nicht angeht, ihre Neigung so klein als möglich zu machen. Dieses kann Anwendung finden, wo mehrere Personen mittelst Stricken einen Schlegel in die Höhe ziehen, um damit Pflöcke einzuschlagen, oder wo mehrere Pferde, wie es gewöhnlich geschieht, ein Schiff stromaufwärts ziehen. Im ersten Falle müssen sich nämlich die Personen so nahe als möglich stehen; im zweiten sollen die Pferde lieber hinter, als neben einander gehen.

15.

Durch Umkehrung des in 10 und 12 gelehrten Verfahrens kann man auch jede gegebene Kraft in zwei oder mehrere zerlegen, die einen Winkel einschließen und ihrer Wirkung nach der gegebenen Kraft gleich sind. Soll z. B. die Kraft AB (Fig. 4) in zwei Kräfte zerlegt werden, so ziehe man zwei beliebige Linien AC und CB, die mit AB ein Dreieck geben, und vollende das Parallelogramm ACBD, indem man AD mit CB, und BD mit AC parallel zieht, und man hat statt der Kraft AB die Kräfte AC und AD. Auf gleiche Weise kann man wieder mit AC und CB verfahren, und so AB in jede beliebige Anzahl von Kräften auflösen.

Mittelst einer solchen Auflösung der Kräfte kann man sehen, wie groß der Verlust an einer Kraft ist, wenn sie nach einer andern Richtung wirkt, als nach welcher die Bewegung

vor sich gehen kann; wie z. B. wenn eine Last mittelst Zugthieren in einer gebirgigen Gegend fortgezogen wird. Stellt ABC (Fig. 5) ein Stück des Weges vor, wo es in B anfängt bergauf zu gehen, und gehen die Thiere schon auf BA, während die Last noch auf BC fortgeht, so ist die Richtung ihres Zuges BA, die der Last CB. Stellt nun BA die Größe der Kraft der Thiere vor, so löse man sie auf in die mit CB parallele BD, und in die auf ihr senkrechte AD, um zu sehen, daß der Kraftverlust so groß ist, als der Unterschied zwischen AB und DB. Diese Betrachtung lehrt, daß es sehr schädlich sey, in solchen Wegen die Zugthiere an lange Stränge zu spannen. Etwas ähnliches geht auch vor, wenn die Deichsel oder die Zugstränge nicht mit dem Wege den gehörigen Winkel machen, wie es häufig der Fall ist, wenn die Höhe der Zugthiere nicht mit der Höhe des Wagens im gerechten Verhältnisse steht.

16.

Wenn zwei Kräfte wie AB (Fig. 6) und CD zwar gegen einander geneigt sind, aber auf zwei Puncte A und C wirken, so findet man die Richtung und Größe der Mittelkraft, wenn man die Kräfte AB und CD verlängert, bis sie sich schneiden. Geschieht dieses in E, so mache man EF = AB, EG = CD, und vollende das Parallelogramm EFHG. Die Diagonale EH gibt die Größe und Richtung der gesuchten Kraft an.

17.

Verlängert man EH bis sie die Linie AC schneidet, so sieht man, daß die Kräfte AB und CD keine Bewegung hervorbringen werden, wenn man im Puncte K, wo die Mittelkraft die Linie AC schneidet, eine solche Stütze anbringt,

die sein Fortrücken hindert; denn dadurch wird offenbar die Mittelkraft von AB und CD, nämlich EH, aufgehoben, mithin auch die Kräfte AB und CD selbst, vorausgesetzt, daß A, K und C unveränderlich mit einander verbunden sind.

Um diesen Punct K, der unterstützt werden muß, wenn die Kräfte im Gleichgewichte seyn sollen, zu finden, darf man sich nur merken, daß sich die auf AE und CE senkrechten Linien KL und KM so verhalten, wie die Kräfte selbst verkehrt genommen. Ist daher AB doppelt so groß als CD, so muß auch KM doppelt so groß als KL seyn. Man kann dieses auch so ausdrücken: Der Punct K muß immer so angenommen werden, daß die Kraft AB mit KL multiplicirt gleich ist der Kraft CD mit KM multiplicirt; oder weil man das Product einer Kraft in ihre Entfernung vom Unterstützungs-Puncte ihr Moment heißt: die Momente der Kräfte müssen einander gleich seyn.

Dieser Satz läßt sich auch umkehren, und man kann sagen, so oft die Momente der Kräfte einander gleich sind, und der Punct K unterstützt ist, herrscht Gleichgewicht.

18.

Wenn zwei Kräfte AB und CD (Fig. 7), die auf die zwei Puncte A und C wirken, parallel nach derselben Richtung ziehen, so ist die Mittelkraft ihrer Summe gleich, mit ihnen parallel und schneidet die Linie AC in einem Puncte E, der so gelegen ist, daß sich AB zu CD verhält, wie EC zu AE; oder daß das Product aus AB in AE gleich ist dem Producte aus CD in EC.

Von den hier angeführten zwei Sätzen werden in der Folge viele Anwendungen vorkommen.

Zweiter Abschnitt.

Von den bewegenden Kräften insbesondere.

Erstes Kapitel.

Schwere und Druck.

A. Schwere und Druck überhaupt.

19.

Alle Körper fallen zur Erde, wenn man ihnen die Unterlage entzieht, oder sie üben, wenn sie im Fallen gehindert werden, einen Druck auf die Unterlage aus. Man sagt daher sie seyen schwer. Wenn auch einige wie z. B. der Rauch, statt zu fallen, aufwärts steigen, so darf man deshalb doch nicht meinen, sie seyen nicht schwer; denn man spricht doch auch einem Stücke Korkholz die Schwere nicht ab, weil es im Wasser aufwärts steigt, sondern es muß dieses auf Rechnung anderer Kräfte kommen, die der Schwere entgegen wirken.

20.

Die Richtung der Schwere wird durch einen biegsamen Faden angezeigt, der durch einen schweren Körper gespannt ist; man nennt sie die verticale und die auf ihr senkrechte die horizontale Richtung. Werkleute benützen den

gerade erwähnten Umstand, um mittelst eines frei hängenden unten beschwerten Fadens den verticalen Stand einer Mauer oder eines andern Gegenstandes zu beurtheilen, wohl auch um zu erkennen, ob eine Fläche horizontal sey oder nicht. Sie bedienen sich dazu der sogenannten Schrott- oder Bleiwage.

Diese besteht aus einem gleichschenkligen dreieckigen hölzernen Rahmen (Fig. 8) ABC, aus dessen Spitze A ein biegsamer Faden herabhängt, dessen Ende gewöhnlich eine Bleikugel trägt. Die gegenüberstehende Seite BC hat genau in ihrer Mitte eine feine bezeichnete Linie und unterhalb eine Höhlung, in welcher die Kugel hinlänglich Platz hat. Stellt man nun BC auf eine zu untersuchende Ebene, so wird die Schnur die Linie auf BC decken, wenn die Ebene horizontal ist; widrigens aber nach jener Seite abweichen, welche niedriger steht.

21.

In nicht weit von einander entfernten Oertern sind die Richtungen der Schwere gleichlaufend, bei großen Entfernungen hingegen neigen sie sich nach unten zu gegen einander. Man benützt den ersten Umstand, um zu mancherlei Zwecken gleichlaufende Stangen in die Erde zu stecken, wohl auch, um die Wände der Gebäude parallel zu machen.

22.

Im luftleeren Raume fallen alle Körper gleich schnell, und jeder legt in der ersten Secunde ungefähr 15 $\frac{1}{2}$ Fuß zurück; sie sind daher auch gleich schwer. In der Luft ist dieses nicht der Fall, weil einer ihren Widerstand leichter überwindet als der andere. Man darf nicht glauben, daß, weil alle

Körper gleich schwer sind, alle einen gleichen Druck auf ihre Unterlage ausüben müssen; denn es zweifelt wohl niemand daran, daß, wenn mehrere Menschen nach irgend einem Ziele hineilen, sie daselbst nicht eher anlangen werden, als wenn deren nur ein einziger gewesen wäre; und doch weiß man, daß mehrere auf irgend einen Widerstand kräftiger einwirken können, als ein einzelner. Eben so verhält es sich mit der Schwere und mit dem Gewichte; denn der Raum, den ein Köper vom Anfange der Bewegung an in einer gewissen Zeit z. B. in einer Secunde zurücklegt, gibt das Maß der Schwere, während der Druck, den er auf seine Unterlage ausübt, sein Gewicht mißt.

Freier Fall schwerer Körper.

23.

Wenn ein schwerer Körper von einer nicht gar großen Höhe herabfällt, so wirkt die Schwere beständig mit gleicher Stärke auf ihn ein, und erzeugt in jedem Augenblicke eine neue Geschwindigkeit unabhängig von der, welche er schon besitzt, so daß er eine gleichförmig beschleunigte Bewegung annimmt. In dieser Bewegung verhalten sich immer die Räume, welche in gewissen Zeiten zurückgelegt werden, wie die Quadrate dieser Zeiten. Da nun bekannt ist, daß ein jeder Körper in der ersten Secunde $15\frac{1}{2}$ Schuh macht, so braucht man diese Zahl nur mit dem Quadrate der Zeit, in Secunden ausgedrückt, zu multipliciren, um zu erfahren, wie viel Fuß er in ihr zurücklegt. So findet man, daß die Fallhöhe in 2 Secunden $= 15\frac{1}{2} \times 4 = 62$, in 3 Secunden $15\frac{1}{2} \times 9 = 139\frac{1}{2}$ Fuß betragen muß. Die nach Verlauf

einer gewissen Zeit erlangte Geschwindigkeit wird gefunden, wenn man diese Zeit mit 31 multiplicirt, d. h. mit der doppelten Fallhöhe in der ersten Secunde. Die Tafel I enthält in der zweiten Columne die Geschwindigkeiten, welche ein Körper erlangt, wenn er den in der ersten Columne angezeigten Weg zurückgelegt hat. Indeß gelten diese Gesetze nur für den freien Fall im luftleeren Raume; in der Luft ist sowohl die erlangte Geschwindigkeit, als die Fallhöhe, bedeutend kleiner, als diese Rechnungen angeben.

Fall über eine schiefe Ebene.

24.

Fällt ein schwerer Körper über eine schiefe Ebene, d. i. über eine solche, die mit der horizontalen einen spitzen Winkel macht, so wird ein Theil der Schwere durch den Widerstand dieser Ebene aufgehoben, und der Körper bewegt sich auf ihr zwar gleichförmig beschleunigt, aber mit geringerer Geschwindigkeit, als im freien Falle. Wäre AC (Fig. 9) ein Durchschnitt einer schiefen Ebene, BC eine horizontale (Basis), AB eine verticale Linie (Höhe) und ACB der Winkel, den AC mit BC macht, so wird ein schwerer Punct D auf der schiefen Ebene durch die Schwere nach der Richtung Dx herabgezogen. Ist DE die Größe der Schwere, so muß man sie in zwei Kräfte DF und DG zerlegen, wovon DF auf AC senkrecht ist, und daher durch den Widerstand der Ebene aufgehoben wird; während DG mit ihr parallel läuft, und das Herabgleiten des schweren Punctes D bewirkt. Man sieht leicht, daß DG kleiner ist, als DE, und daß daher der Punct über die schiefe Ebene langsamer fallen wird, als er frei ge-

fallen wäre. Indeß erlangt er doch, wenn er AC zurück gelegt hat, dieselbe Geschwindigkeit, als wenn er frei durch AB gefallen wäre.

Bewegung eines Pendels.

25.

Denkt man sich an einer nicht schweren um eine Axe beweglichen Linie einen schweren Punct, so hat man einen Begriff von dem, was man ein einfaches Pendel heißt. Es ist wohl klar, daß es in der Natur kein einfaches Pendel geben kann; weil da nur schwere Körper, aber nicht einzelne von einander getrennte schwere Puncte vorkommen; doch kann man eine kleine Kugel, die an einem leichten hinlänglich langen Faden hängt, ohne Fehler für ein einfaches Pendel ansehen.

26.

Hat ein solches Pendel in A (Fig. 10) die Axe, in B den schweren Punct, so wird es ruhen, so lange es in der verticalen Lage AB bleibt. So wie es aber um etwas weniges z. B. um den Winkel BAC gehoben wird, so, daß B nach C kommt, so wird es durch die Schwere nach AB zu getrieben. Denkt man sich die Wirkung der Schwere durch die verticale Linie CD ausgedrückt, so kann man sich vorstellen, als wenn C von zwei Kräften CE und CF getrieben würde, wovon die erste auf AC senkrechte eine Bewegung nach B, die zweite mit AC parallele einen Druck auf die Axe verursacht. Ist nun das Pendel in B angekommen, so kann es doch wegen der schon einmahl erlangten Geschwindigkeit nicht ruhen, sondern es muß nach der entgegengesetzten Rich-

tung aufwärts steigen, bis es eine Höhe erreicht hat, die der von C gleich kommt. Da aber hier wieder derselbe Fall eintritt wie damahls, als das Pendel bis C gehoben war, so muß es wieder abwärts sinken, und so hin und her schwingen. Dieses würde ohne Ende fortdauern, wenn es keine Hindernisse der Bewegung gäbe; aber die Reibung an der Axe und der Widerstand der Luft machen den Schwingungen bald ein Ende.

27.

Heißt man die Bewegung von dem höchsten Puncte, den das Pendel erreicht, bis zum entgegengesetzten eine Schwingung oder Oscillation, so findet man für das einfache Pendel folgende Schwingungsgesetze:

1. In demselben, oder in nicht weit von einander entfernten Oertern, verhalten sich die Quadrate der Schwingungszeiten, wie die Längen der Pendel.
2. Unter denselben Umständen verhalten sich die Quadrate der Anzahlen von Schwingungen, welche in derselben Zeit gemacht werden, verkehrt wie die Längen der Pendel.

Zwei Pendel, deren eines 1, das andere 2 Fuß lang ist, schwingen in Zeiten, die sich verhalten wie 1 zu 4, oder das erste macht 4 Schwingungen, während das zweite eine einzige vollbringt.

28.

Ein zusammengesetztes Pendel hat mehrere schwere Puncte, es besteht daher aus so vielen einfachen, als es schwere Puncte enthält. Da diese eine verschiedene Entfernung von der Axe haben, so bilden sie Pendel von verschiedener Länge, die daher ihre Schwingungen für sich

in ungleichen Zeiten machen würden, wenn sie getrennt existirten. Wegen des Zusammenhanges der Theile werden aber die kürzeren durch die längeren verzögert, und diese durch jene beschleunigt; deßhalb muß es in jedem zusammengesetzten Pendel einen Punct geben, dessen Entfernung von der Axe so groß ist, als die Länge eines einfachen Pendels, das mit ihm gleichzeitig schwingt. Dieser heißt der Schwingungspunct. Man findet seine Entfernung von der Axe, wenn man ein einfaches Pendel so lange verlängert oder verkürzt, bis es mit dem zusammengesetzten gleichzeitig schwingt, und dann seine Länge mißt. Da sich auf diese Art jedes zusammengesetzte Pendel auf ein einfaches bringen läßt, so müssen die für diese aufgestellten Gesetze auch für jene in ihrem ganzen Umfange gelten.

29.

Das Pendel wird mit größtem Vortheile als Zeitmesser gebraucht. Es dient dazu um so mehr, je gleichzeitiger seine Schwingungen sind. Dieses ist wieder desto mehr der Fall, je kleiner seine Ausschlagswinkel sind, und je unveränderlicher seine Länge ist. Den Ausschlagswinkel klein zu machen, steht in der Macht des Mechanikers; aber zu bewirken, daß ein Pendel stets gleich lang bleibe, das ist nicht so leicht, weil es durch die Wärme verlängert, durch die Kälte verkürzt wird; mithin im ersten Falle langsamer, im zweiten schneller schwingt. Um diesem Uebel so viel als möglich abzuhelfen, nimmt man zu Pendelstangen nur solches Material, das sich durch die Wärme sehr wenig ausdehnt, wie z. B. trockenes und überfirnißtes Holz, wohl auch überfirnißtes Glas; oder man setzt es aus zwei verschiedenen Materialien zusammen, die

sich um ungleiche Größen ausdehnen, und indem sie einander entgegenwirken, ein stets gleich langes Pendel geben.

Man nennt solche Pendel **Compensationspendel**. Eines der gebräuchlichsten, wenn auch nicht besten, ist das Rostpendel. Fig. 11 stellt es vor. ABCD ist ein eiserner Rahmen, der an der Stange EF aufgehängt wird; die ebenfalls eiserne Pendelstange GH ist aber nicht unmittelbar an diesen Rahmen befestiget, sondern mittelst eines zweiten kleineren Rahmens KLMN aus Kupfer mit ihr verbunden. Die Compensation wird leicht begreiflich, wenn man weiß, daß sich das Kupfer bei derselben Wärmezunahme mehr ausdehnt, als das Eisen, und zwar im Verhältnisse wie 5 : 3. Wie nun die Temperatur steigt, so dehnt sich der eiserne Rost ABCD, EF und GH aus, und wird länger; zu gleicher Zeit verlängert sich auch der kupferne Rahmen, und bewirkt dadurch wieder ein Aufsteigen der Pendelstange. Sind nun die kupfernen und eisernen Stangen von gerechter Länge, so wird die Verlängerung des Eisens durch die Erhöhung des Kupfers aufgehoben, und die Pendellänge bleibt unverändert.

An unseren gewöhnlichen Wand- und Stockuhren ist das Pendel der Haupttheil, und die schnellere oder langsamere Bewegung des Räderwerks hängt von ihm ab. Dieses wird nämlich durch ein Gewicht oder durch die Kraft einer elastischen Feder zur Bewegung bestimmt; aber die Bewegung kann nur Statt finden, wenn das Pendel aus der Verbindung mit dem Räderwerke kommt, welches bei jeder Schwingung eintritt. Hat z. B. das Pendel, wie es häufig der Fall ist, am Ende A (Fig. 12) einen Haken ab, dessen Arme

a und b in die Zähne des Rades C eingreifen, so kann sich das Rad nicht bewegen, so lange das Pendel in der verticalen Lage steht; wie es sich aber nach einer Seite neigt, so tritt der auf der entgegengesetzten Seite befindliche Haken aus dem Zahne heraus, und gestattet dem Räderwerke so lange sich zu drehen, bis der Haken auf der anderen Seite wieder an einen Zahn ansteht. Man kann es sich aus dem bisher Erwähnten erklären, warum bei übrigens gleichen Umständen so viel auf die Gleichheit der Zähne des Rades C ankommt, und warum überhaupt Uhren mit langen und wenig ausschlagenden Pendeln besser sind, als die mit kurzen und weit ausschlagenden.

30.

Der oscillirenden Bewegung eines Pendels bedient man sich auch, um Maschinen, z. B. Pumpwerke, in Bewegung zu setzen. Es bedarf, wenn es hinlänglich massiv ist, nur eines Stoßes, um einen Schwung zu machen, und dabei eine Kolbenstange heraufzuziehen, und wieder hinabzustoßen. Unsere Glocken sind auch nur Pendel, die desto langsamer schwingen, und desto schwerer bewegt werden können, je größer sie sind; besonders, wenn man sie auf die gewöhnliche Weise aufhängt. Viel leichter läßt sich eine Glocke regieren, wenn man sie so aufhängt, daß ihre Axen seitwärts an sie zu stehen kommen, wie Fig. 13 zeigt. Man muß aber dabei wohl darauf Acht haben, daß dadurch ja die Glocke und der Klöppel nicht gleichzeitig schwingende Pendel werden; denn da könnten sie neben einander schwingen, ohne an einander zu stoßen.

Bewegung beim Wurfe.

31.

Wenn ein schwerer Körper vertical aufwärts oder abwärts gestoßen wird, so ändert dieses allerdings seine Geschwindigkeit, aber er bleibt in seiner verticalen geradlinigen Bahn; wirkt aber eine solche Kraft nicht vertical, so wird auch seine Bahn krummlinig, und es finden in diesem Falle ganz besondere Gesetze der Bewegung Statt.

Würde z. B. der Körper A (Fig. 14) nach Ax durch irgend eine Kraft, z. B. durch einen Wurf getrieben, während ihn die Schwere nach Ay abwärts zieht, so kann man seine Bahn auf folgende Weise finden: Es komme der Körper durch die Wurfkraft in einer gewissen Zeit von A nach B, in der nächst folgenden eben so großen nach C, in der dritten nach D; ferner durch die Schwere in der ersten genannten Zeit nach b, in der zweiten nach c, in der dritten nach d, wo Ad = 9Ab, AC = 4Ab seyn muß, weil diese Räume wie die Quadrate der Zeiten wachsen. Verzeichnet man die Parallelogramme ABEb, ACFc, ADGd, so ist AEFG die Bahn des Körpers. Die Entfernung des Punctes, wo der Körper ausgeht bis dahin, wo er wieder niederfällt, heißt seine Wurfweite. Diese ist bei übrigens gleichen Umständen desto größer, je stärker die Wurfkraft wirkt. Bei gleicher Wurfkraft ist die Wurfweite am größten, wenn der Winkel, den die Richtung dieser Kraft mit dem Horizonte macht, einem halben rechten gleich ist.

32.

Die betrachtete Bewegung findet bei einer aus einem

Rohre geschossenen Kugel Statt. Diese geht nie in gerader Linie zum Ziele, sondern sinkt beständig während des Laufes; nur beträgt dieses bei einer geringen Entfernung des Zieles und bei der ungemein großen Geschwindigkeit der Kugel sehr wenig. So legt eine Kugel, die aus einer österr. Militär Muskete abgeschossen wird, in einer Secunde vermög der Kraft des Pulvers 1200 Fuß zurück. Wird daher auf ein Ziel geschossen, welches 400 Fuß entfernt ist, so braucht die Kugel dazu $\frac{1}{3}$ Secunde, und in dieser Zeit sinkt sie durch die Schwere nur um $15\frac{1}{2}:9=1\frac{7}{10}$ Fuß. Auf dieses Sinken der Kugel wird auch schon beim Zielen gerechnet, wiewohl unvermerkt; denn, wenn AB (Fig. 15) das Rohr ist, ab seine Axe, c das Auge des Schützen, d das Absehen, und man zielt auf den Punct e, so müßte die Kugel, wenn sie nicht schwer wäre, nach ab fortgehen, und den Punct f des Zieles treffen. Die Kugel kann daher um das Stück ef sinken, und wird doch im vermeinten Zielpuncte anlangen. Aus diesem erkennt man auch leicht den Einfluß der Pulvermenge, der Lage des Auges und des Absehens gegen einander, und der schraubenförmigen Windungen des Laufes auf die Sicherheit eines Schusses. Je länger nämlich der Lauf ist, desto länger wird die Kugel von der Kraft des Pulvers beschleunigt, desto mehr wächst ihre Geschwindigkeit. Gibt man dem Rohre inwendig ein Schraubengewinde, so nöthigt man die Kugel durch dasselbe einen Umweg zu machen, und man erreicht mit einem kürzeren Rohre denselben Zweck, wie mit einem längeren. Es hat aber auch dieser Zug des Rohres auf die Richtigkeit des Schusses einen Einfluß.

Gewicht.

33.

Der Druck, den ein Körper vermöge seiner Schwere auf eine Unterlage ausübt, heißt sein Gewicht. Dieses ist von der Schwere wohl zu unterscheiden, und als die Summe aller Schwerkräfte der Theile eines Körpers anzusehen; wiewohl man diesen Unterschied im gemeinen Leben fast nie beachtet, und häufig statt Gewicht den Ausdruck Schwere braucht. Weil jedes materielle Theilchen eines Körpers schwer ist, und daher einen Druck ausübt, so nimmt das Gewicht eines Körpers in demselben Verhältnisse zu, wie die Menge der Materie, die er enthält, wächst. Deßhalb ist das Gewicht der Maßstab der Menge der Materie eines Körpers, d. i. seiner Masse.

Das Gewicht eines Körpers ist entweder ein absolutes oder ein eigenthümliches (specifisches). Unter dem absoluten Gewichte versteht man den Druck, den ein Körper auf seine horizontale Unterlage ausübt, ohne Rücksicht auf den Raum, welchen er einnimmt. Unter dem eigenthümlichen Gewichte versteht man den Druck, welchen ein Körper von einem bestimmten Rauminhalte ausübt. Sagt man z. B. dieser oder jener Körper wiegt 100 Pf., so bestimmt man sein absolutes Gewicht; sagt man aber, ein Kubikfuß davon wiegt 100 Pf., so drückt man damit sein eigenthümliches Gewicht aus. Der Ausdruck des letzteren ist etwas unbequem, weil man nebst dem Gewichte auch noch den Rauminhalt benennen muß. Um ihn abzukürzen gibt man gewöhnlich nur die Zahl an, welche anzeigt, wie vielmahl das Gewicht eines Wasserkörpers von gewisser Größe in dem Gewichte ei-

nes Körpers von derselben Größe enthalten sey. So sagt man z. B. das eigenthümliche Gewicht des Eisens ist 8, d. h. ein Stück desselben wiegt 8mahl so viel, als ein gleich großer Wasserkörper. Weiß man nun, daß ein Kubikfuß Wasser 56 $\frac{1}{2}$ Pf. wiegt, so kann einem nicht entgehen, daß ein Kubikfuß Eisen $8 \times 56\frac{1}{2} = 452$ Pf. wiegt. Mit dem eigenthümlichen Gewichte eines Körpers nach der letzteren Bezeichnung ist das einerlei, was man Dichtigkeit heißt. Man sagt daher eben so gut: das Eisen ist 8mahl dichter als Wasser, als man sagt, es habe ein 8mahl größeres specifisches Gewicht als dieses.

Schwerpunct.

34.

Da jeder Körper aus lauter schweren Theilen besteht, die nach parallelen Richtungen durch die Schwere abwärts gezogen werden, so muß aus allen diesen Kräften eine Mittelkraft hervorgehen, die dem Gewichte des Körpers gleich ist. Die verticale Linie, welche die Lage dieser Kraft bezeichnet, heißt man den Durchmesser der Schwere, und einen Punct in ihr, der unverändert bleibt, wenn sich der Körper wie immer dreht, seinen Schwerpunct. In diesem Puncte kann man sich das ganze Gewicht eines Körpers vereinigt vorstellen.

35.

Man kann den Schwerpunct eines Körpers durch Rechnung und durch die Erfahrung finden. Die letztere Methode, die hier allein Platz finden kann, besteht darin, daß man den zu untersuchenden Körper zugleich mit einem bieg=

samen Faden, der durch eine kleine Kugel gespannt wird, in zwei verschiedenen Puncten, die einander nicht gerade entgegen gesetzt sind, aufhängt, und jedesmahl die Richtung des Fadens auf dem Körper anmerkt. Der Durchschnittspunct dieser Richtungen zeigt die Lage des Schwerpunctes.

36.

Weil im Schwerpuncte eines Körpers das ganze Gewicht desselben vereiniget ist, so muß ein Körper, dessen Theile so stark zusammenhängen, daß sie sich nicht durch ihre bloße Schwere von einander trennen, gegen das Fallen geschützt seyn, wenn sein Schwerpunct unterstützt ist, und im Gegentheile fallen, wenn man dem Schwerpuncte seine Stütze entzieht.

Hieraus begreift man, daß ein Gebäude ganz schief stehen, und doch hinlänglich fest stehen kann, wie dieses bei den Thürmen in Pisa und Bologna der Fall ist; daß aber oft ein Gebäude durch Entrückung eines einzigen Steines zum Fallen gebracht werden kann. Hieraus erklärt sich auch die Nothwendigkeit sich vorwärts zu neigen, wenn man am Rücken eine Last trägt, von einem Sitze aufsteht, oder auf einem Pferde sitzt, das hoch aufsteigt; im Gegentheile aber sich nach rückwärts zu beugen, wenn eine solche Last vorne angebracht ist. Eben so deutlich ergibt sich die Nothwendigkeit sich seitwärts zu neigen, wenn man auf der entgegengesetzten Seite eine Last trägt, oder den Fuß hebt, und daß daher eine geschlossene Reihe von Menschen auch nur dann beim Gehen geschlossen bleiben kann, wenn alle mit demselben Fuße zugleich austreten. Das Balanciren, die Einrich-

tung eines Kegels, der scheinbar aufwärts steigt, des See-Compasses, der bei allen Schwankungen eines Schiffes in Ruhe bleibt u. d. m. beruhen auf dem Satze, daß ein Körper nur dann ruht, wenn sein Schwerpunct unterstützt ist.

Stabilität.

37.

Die Kraft, mit welcher ein Körper dem Umfallen widersteht, heißt seine Standfähigkeit oder Stabilität. Man kann sich leicht überzeugen, daß diese bei einem Körper desto größer sey, je größer sein Gewicht ist, je niedriger sein Schwerpunct liegt, und je weiter der Durchmesser der Schwere von der Kante absteht, um die ihn eine Kraft drehen will. Was den ersten Punct anbelangt, so sieht man leicht ein, daß ein größeres Gewicht bei übrigens gleichen Umständen auch eine größere Kraft braucht, um von ihr überwältiget zu werden. In Betreff des zweiten und dritten stelle man sich den Körper ABCD (Fig. 16) vor. Dieser wird gegen AB nur dann umfallen, wenn er so weit geneigt wird, daß sein Durchmesser der Schwere Gx über AB hinausfällt. Ist nun G sein Schwerpunct, so ist GBA die Gränze der Neigung, die er nicht überschreiten darf, wenn er nicht umschlagen soll; liegt aber sein Schwerpunct in g, so ist derselbe Winkel gBA, mithin größer, als der vorige. Bliebe G in derselben Höhe, käme aber in eine größere Entfernung von AB, z. B. nach G′, so wäre dieser Winkel G′AB, mithin auch hier größer als GAB.

38.

Diese Grundsätze muß man vor Augen haben, wenn

man Körper so einrichten will, daß sie einen festen Stand haben. Daher muß man bei der Belastung eines Wagens immer die schwerere Last zu unterst legen, weil dadurch der Schwerpunct näher an den Boden fällt; daher fallen die mit Heu oder Garben oder mit anderen Dingen von geringer Dichte beladenen Wägen, deren Schwerpunct hoch über dem Boden liegt, so leicht um; aus demselben Grunde fallen auch schmal gestellte und für Landwege eingerichtete Wägen leichter als jene, die eine der Poststraße gemäße Breite haben. Hierin liegt auch der Grund, warum man Hausgeräthe, die hoch und schmal sind, mit ausgebogenen Füßen versieht, oder am Boden derselben eine dichtere Masse, z. B. Blei eingießt; warum sich Fechter, oder alle jene, die einem Anfalle entgegensehen, mit den Füßen weit auseinander stellen, oder sich etwas verkürzen oder neigen.

39.

Sehr nützliche Anwendungen gestattet diese Lehre auf die Baukunst. Man findet die Stabilität einer verticalen Mauer nach der vorhin gegebenen Regel, wenn man ihr Gewicht mit ihrer Länge und mit dem Quadrate ihrer Dicke multiplicirt, und überzeugt sich auf diese Art, daß Steinmauern mehr Standfähigkeit haben als Ziegelmauern, daß ungleich hohe Mauern aus demselben Materiale doch eine gleiche Stabilität haben, und daß bei übrigens gleichen Umständen die Stabilität einer Mauer 4 oder 9mahl so groß ist, als die einer anderen, wenn sie 2 oder 3mahl dicker ist, als jene. Eine Mauer, die doppelt so stabil seyn soll, als eine andere gleich lange, darf nur um $\frac{2}{7}$ dicker seyn.

Den angeführten Grundsätzen gemäß kann man auch die

Stabilität einer Mauer vergrößern, ohne ihre Masse zu vermehren, indem man sie minder dick macht, aber dafür mit Strebepfeilern an der Seite versieht. Man kann so eine Mauer um $\frac{1}{3}$ stabiler machen, ohne deshalb mehr Materiale dazu zu verwenden. Vergleicht man eine Mauer mit trapezförmigen Wänden mit einer, die parallele Wände hat und gleich viel Material enthält, so findet man immer die erstere stabiler. Deßhalb zieht man oft jene Form der ersteren vor.

40.

Die Anwendung des Gewichtes eines festen Körpers als bewegende Kraft ist sehr beschränkt, und nur in wenigen Fällen vortheilhaft; denn, wenn man es anwendet, um irgend eine Bewegung hervorzubringen, so sinkt es selbst immer mehr abwärts, und muß immer nach einiger Zeit wieder empor gehoben werden. Ist das Gewicht groß, so braucht man dazu wieder eine große Kraft; sinkt es schnell, so muß man es innerhalb einer kurzen Zeit oft heraufziehen. Es ist daher ein solches Gewicht nur dann als bewegende Kraft zu empfehlen, 1. wenn es gering seyn kann, und dabei doch langsam sinket, wie dieses bei unseren Wanduhren der Fall ist. 2. Wenn einem eine Kraft zu Gebothe steht, die der Schwere einige Zeit entgegen wirkt, und hernach wieder nachläßt, wie wir dieses an einigen Dampfmaschinen sehen werden, an denen ein Kolben durch die Dämpfe in die Höhe getrieben wird, und dann, wenn er die rechte Höhe erreicht hat, und die Dämpfe zu Wasser geworden sind, durch sein eigenes Gewicht wieder herabsinkt.

Wo diese beiden Bedingungen Statt haben, da ist der

Gebrauch der Gewichte sehr vortheilhaft, weil sie eine wohlfeile und ganz beständige Kraft abgeben.

B. Schwere und Druck des Wassers.

41.

Wenn vom Drucke einer Flüssigkeit, z. B. des Wassers die Rede ist, so muß man immer zwei Fälle unterscheiden; nämlich den, wo es sich darum handelt, welche Kraft das Wasser durch sein Gewicht auf einen Körper ausübt, mit dem es in mittelbarer oder unmittelbarer Verbindung steht, oder welchen Druck es auf irgend einen Theil seines Gefäßes ausübt. Im ersten Falle kommt nur sein Gewicht in Anschlag. So wirket z. B. an einer Uhr ein Gewichtszusatz von 1 Pf. auf gleiche Weise, er mag nun in Eisen, Blei oder Wasser bestehen. Anders verhält es sich im zweiten Falle; denn da hängt der Druck nicht allein von der Menge der Flüssigkeit ab; ja es kann geschehen, daß eine geringe Menge Wasser einen viel größeren Druck ausübet, als eine doppelt oder zehnmahl größere.

42.

Die Ursache dieser sonderbaren Erscheinung liegt in der leichten Beweglichkeit der Theile eines flüssigen Körpers, durch die er sich von den festen wesentlich unterscheidet. Man überzeugt sich von dieser ungemein leichten Beweglichkeit der Theile auf folgende Weise: Stecket man die Hand oder einen Finger in weichen Thon, so bleibet die Vertiefung auch, nachdem man die Hand zurückgezogen hat; thut man dasselbe mit Sand, dessen Theile beweglicher sind, als die des Thones, so bleibt wohl auch noch eine Spur; aber ein Theil

der Vertiefung wird doch gleich verschüttet, sobald man die Hand zurückzieht; im Wasser hingegen geschieht das Zurückziehen der Hand und das Verschwinden jeder Spur einer Vertiefung fast gleichzeitig, und es muß daher auch die Beweglichkeit der Theile viel größer seyn, als beim Sande.

43.

Eine nothwendige Folge dieser Beweglichkeit ist, daß sich der Druck, der auf eine Flüssigkeit nach irgend einer Richtung wirkt, nach allen Seiten mit gleicher Stärke fortpflanzt, und daß daher auch jedes Theilchen im Innern einer Flüssigkeit durch das Gewicht der oberhalb liegenden zwar bloß abwärts gedrückt wird; aber, weil es beim Drucke ausweichen will, einen Druck seitwärts und aufwärts hervorbringt. Deßhalb erleidet nicht bloß der Boden, sondern auch jeder Theil der Seitenwand einen Druck.

Bodendruck.

44.

Der Bodendruck des Wassers wird bestimmt, wenn man den Flächeninhalt des Bodens mit der Höhe der darüber stehenden Wassersäule, und dann mit dem specifischen Gewichte des Wassers multiplicirt. Wird der Boden und die Wasserhöhe in Fußmaß ausgedrückt, so ist letzteres $56\frac{1}{2}$ Pf.; so viel wiegt nämlich ein Kubikfuß Wasser. Diese Berechnung gibt dasselbe Resultat, so lange der Boden und die Höhe der Wassersäule von derselben Größe bleiben, die Gestalt des Gefäßes und die Wassermenge mag wie immer verschieden seyn. So ist der Druck auf AB (Fig. 17) gleich groß, es

mag das Gefäß ABCD oder ABC′D′, oder gar AC″B mit Wasser gefüllt seyn.

Auf diesem Grundsatze beruht die Real'sche Presse, die Fig. 18 vorstellt. ABCD ist ein zinnerner Cylinder, der unten mit einer siebartig durchlöcherten Platte CD, und mit einem Trichter CED versehen ist. Eine zweite Platte FG, ebenfalls mit feinen Löchern versehen, läßt sich leicht im Cylinder bewegen. Oben ist der Deckel AB aufgeschraubt, der sich in eine enge ($\frac{1}{2}$ Zoll weite) Röhre HK verliert, deren Länge nach Erforderniß der Umstände verschieden ist. Wird nun auf das Sieb CD eine gepulverte Masse, z. B. gebrannter und zerriebener Kaffee gegeben, gut zusammengedrückt, und mit dem Siebe FG bedeckt, dann der übrige Theil des Cylinders sammt der Röhre HK mit kaltem Wasser gefüllt; so können durch den Druck desselben die ausziehbaren Theile des Kaffees im Wasser eben so aufgelöst werden, als wäre er damit gekocht worden, und die Auflösung kann durch den Trichter AD hervorkommen, und daselbst aufgefangen werden. Natürlich wird diese Auflösung immer schwächer werden, je mehr das Wasser bereits schon aufgenommen hat; zuletzt kann sogar ganz reines Wasser durchgehen. Hätte eine solche Presse einen Boden von 1 Quadratfuß, und eine Röhre von 12 Fuß Höhe, so betrüge der Druck auf die auszuziehende Masse 12. $56\frac{1}{2} = 678$ Pf.

45.

Der Druck nach aufwärts wird eben so berechnet, wie der Bodendruck. Man multiplicirt nämlich die Größe der gedrückten Fläche mit der Höhe einer Säule, die an der gedrückten Fläche anfängt, und an der Oberfläche des Wassers auf-

hört, und dieses Product wieder mit dem specifischen Gewichte des Wassers.

Hierauf gründet sich Wolfs anatomischer Heber. Dieser besteht aus einer langen engen Röhre AB (Fig. 19), die sich in A trichterförmig erweitert, unten horizontal ausgeht, und endlich sich mit einem weiten Gefäße endiget, das oben in CD mit einer Blase verschlossen ist. Man kann statt der Blase auch einen Kolben anbringen, und dann diese Vorrichtung als Wage brauchen, wie dieses in Frankreich geschieht; denn es ist klar, daß, wenn die untere Fläche des Kolbens die Lage CD hat, und das Wasser in AB bis E reicht, dasselbe bis F steigen wird, wenn man den Kolben durch ein Gewicht herabdrückt, und man sieht ein, daß man aus der Höhe der Säule in AB immer auf die Größe des Gewichtes, das auf den Kolben gelegt wurde, einen Schluß wird machen können.

46.

Wenn das Wasser in der Röhre AB nur bis E reicht, und dann so viel zugegossen wird, daß es bei F steht, so wird dadurch der Druck auf CD um so viel vermehrt, als das Gewicht einer Wassersäule beträgt, die CD zur Basis und EF zur Höhe hat. Derselbe Zweck würde erreicht, wenn man statt der Säule EF mittelst eines Kolbens, der die Röhre wasserdicht schließt, einen Druck auf E anbrächte, der dem Gewichte der Wassersäule EF gleich käme. Man kann hieraus einsehen, daß dieser Druck so vielfach verstärkt auf CD wirken wird, so vielmahl der Querschnitt CD den der Röhre AB übertrifft. Auf diese Betrachtung ist die sogenannte Bramahsche Presse gebaut, die von Bramah in London im Jahre 1796 erfunden wurde, und nun in England zu den mannig-

faltigsten Zwecken mit dem größten Vortheile gebraucht wird, z. B. zum Heben ungeheurer Lasten; zum Ausladen der Schiffe; zum Zusammenpressen der Waaren, Bücher u. d. m. Ihre Einrichtung ist folgende: A und B (Fig. 20) sind zwei verticale Gefäße, wovon das erstere bedeutend weiter ist, als das zweite, und die durch eine horizontale Röhre C mit einander verbunden sind; a und b sind zwei Kolben, die sich in A und B auf und ab bewegen lassen; c ist die Kolbenstange zu b, und d der zur leichteren Bewegung derselben angebrachte Mechanismus; e ist die Kolbenstange zu a, f eine starke Eisenplatte, die mit dem Kolben zugleich gehoben oder gesenkt wird; DEF ein mit Wasser gefülltes Gefäß, das B umgibt. B hat zwei Klappen g und h, wovon sich erstere von außen nach innen öffnet, und das Wasser von FED in B dringen läßt, während h demselben den Eintritt in die Röhre C, und dadurch in A gestattet. Beide Klappen bleiben durch den Druck einer Feder geschlossen, bis sie durch einen stärkern Druck nach der entgegengesetzten Seite geöffnet werden.

So wie b gehoben wird, öffnet sich durch den Druck des Wassers und der Luft die Klappe g, und es tritt Wasser in den Stiefel B; wird b wieder herabgedrückt, so drückt das Wasser, welches nicht wieder aus B entweichen kann, auf die Klappe h, öffnet sie, und tritt dadurch in C und A. Wenn dieses einigemahl wiederhohlt worden ist, so füllt sich C und A mit Wasser, und das Herabdrücken des Kolbens B bewirkt ein Aufsteigen des Kolbens A, und dadurch einen Druck auf einen Gegenstand, der zwischen der Platte f und einer anderen festen und unbeweglichen Platte h enthalten ist. So

lange das Wasser aus dem Cylinder A nicht in das Gefäß DEF zurückgehen kann, dauert auch dieser Druck; kann aber das Wasser in das Gefäß DEF zurücktreten, so sinkt auch der Kolben A durch sein eigenes Gewicht, und der Druck hört auf. Das Zurückfließen bewerkstelliget man durch einen Hahn, der so gedreht werden kann, daß das Innere der Röhre C mit DEF in Communication tritt. Fig. 21 stellt diese Presse von Außen vor, wo sie gerade ein eingepreßtes Buch enthält. Ist z. B. der Durchmesser von A viermahl größer, als der von B; so bewirkt ein Druck von 400 Pf. auf B, einen Druck von $16 \times 400 = 6400$ Pf. auf A; denn unter obiger Voraussetzung ist der Querschnitt von B sechszehnmahl größer, als der von A. Einen solchen Druck kann man mittelst einer Vorrichtung, die in der Folge unter dem Namen eines Hebels vorkommen wird, mit beiden Händen leicht ausüben.

In England schätzt man bei gewöhnlichen Pressen dieser Art die Kraft, welche ein Mensch ausüben kann, auf 50 Ctn.

47.

Auf der Größe des Wasserdruckes beruhen auch die sogenannten Wassersäulenmaschinen, wovon eine von Hell angegeben wurde, die man vorzüglich in Bergwerken braucht, um das Wasser aus den Gruben herauszuheben. Die Hell'sche Maschine stellt Fig. 22 vor. A ist die Röhre, welche das Druckwasser enthält, vertical steht, in B eine horizontale Richtung annimmt, und endlich in den verticalen Stiefel C übergeht, der beträchtlich weiter ist als A. In diesem Stiefel befindet sich ein Kolben D, der mit der Kol-

benstange E verbunden ist, ein hinreichendes Gewicht hat, und mittelst Ketten mit der Vorrichtung FG zusammenhängt, die sich in G um eine horizontale Axe drehen kann. H ist ein Hahn, der eine doppelte Bohrung hat: eine, welche senkrecht auf seiner Axe steht, und aus Fig. 23 ersichtlich ist; eine andere, welche Fig. 24 vorstellt. Durch die erstere Bohrung kann der Hahn eine solche Stellung annehmen, daß das Wasser von A nach C gelangt, durch die zweite eine solche, daß das in C enthaltene Wasser wieder durch die unterhalb des Hahnes angebrachte Röhre I abfließt. Hat daher der Hahn die erste Stellung, so tritt das Wasser von A durch C unter den Kolben, und hebt ihn sammt allem, was damit in Verbindung steht. Dahin gehören vorzüglich die Kolbenstangen der Wasserpumpen, die das Wasser heben sollen. K stellt eine solche Stange vor, und L die Röhre, in welcher sie spielt, und wo das Wasser gehoben wird. Diese Stange steht mit der Kolbenstange E in Verbindung. Hat der Kolben einmahl den höchsten Stand erreicht, so nimmt der Hahn die zweite Stellung an; dadurch wird das Druckwasser in A abgesperrt, und das in C enthaltene fließt durch I ab. Das sinnreichste an Hells Maschine ist der Mechanismus, mittelst welchem der Hahnwechsel hervorgebracht wird. Um dieses zu verstehen, denke man sich AB (Fig. 25) als eine Kolbenstange einer Pumpe, die durch die Maschine bewegt wird. Diese Stange hat an dem Theile, der neben dem Hahne H spielt, zwei Rollen C und D. Den Kopf des Hahnes H bildet ein Körper, der hornartig gebogen ist, und die Rollen C und D in sich faßt. In I enthält dieser Theil eine ziemlich schwere Masse. Steigt nun der Kolben D, und hebt dadurch die

Stange AB, so wird die das obere Horn des Hahnkopfes berührende Rolle C denselben beständig neigen, bis der Hahn selbst durch sein Uebergewicht, welches ihm durch die Masse I zu Theil wird, umschlägt, und die punctirte Lage annimmt. Dadurch kann nun der Kolben sinken, AB herabziehen, und wieder mittelst der zweiten Rolle D, die an das untere Horn wirkt, die erste Stellung des Hahnes hervorbringen.

48.

Viel einfacher läßt sich eine Säulenmaschine bauen, wenn man den Hahn H ganz wegläßt, und dafür durch Kolben dasselbe bewirkt, was bei der erwähnten Maschine der Hahn leistet. Fig. 26 stellt eine solche Wassersäulenmaschine mit einfacher Wirkung vor. A ist die Röhre, welche das Druckwasser enthält, und in I durch einen Hahn verschlossen werden kann. Von dieser strömt das Wasser in die Röhre B, und in den großen Stiefel C, und drückt den Kolben D in die Höhe. So wie dieser Kolben steigt, hebt sich auch der kleinere Kolben d, welcher mittelst der Stange c mit dem Balken G in Verbindung steht, verschließt so dem Wasser den Weg, durch den es nach C gelangt, und öffnet dafür die Röhre e, durch welche es aus C abfließen kann. Sinkt nun der Kolben durch sein eigenes Gewicht, welches leicht durch eine angehängte Last E bewerkstelliget wird, so zieht er den Kolben d mit sich herab, öffnet dadurch den Weg nach C, verschließt hingegen die Röhre e, und das Spiel beginnt von neuem.

49.

Eine Wassersäulenmaschine mit doppelter Wirkung stellt Fig. 27 vor. A ist wieder die Druckröhre, B und B′ sind Seiten-

röhren, wovon B das Druckwasser unter den Kolben D des Cylinders C leitet und ihn hebt, während B′ dasselbe über ihn führt, und so sein Sinken bewerkstelliget. Damit aber sowohl das eine als das andere zu rechter Zeit eintreffe, dazu dienen die drei Kolben a, b, c, die an einer gemeinschaftlichen Stange befestiget sind, und der Hahn l mit seiner eigenen Bohrung. Steht dieser so, wie die Zeichnung zeigt, so kann das Wasser von B′ durch d nach k gelangen, den Kolben c heben, und das Wasser über ihm durch ef verdrängen. Mit dem Kolben c hebt sich auch der Kolben a und b. Ersterer gestattet dem Wasser durch B und n unter den Kolben D zu treten, und ihn hinauf zu treiben; letzterer öffnet m, und läßt das über dem Hauptkolben befindliche Wasser durch I und e abfließen. Sobald dieses geschehen, und die Kolbenstange des Kolbens D bis o gekommen ist, wird mittelst der Stange i der Hahn so gedreht, daß er die Communication herstellt, welche aus Fig. 27a klar wird. Es kann nämlich das Wasser von A durch d über den Kolben c treten, ihn herabdrücken, und zugleich das Sinken des Kolbens b und a bewirken. Ersterer gestattet dem Druckwasser den Zugang über den Kolben D, während a nach n kömmt, dem Druckwasser den Zutritt absperrt, und das in C befindliche durch e abfließen läßt.

Seitendruck.

50.

Der Druck des Wassers auf die Seitenwand eines Gefäßes ist nicht an allen Puncten gleich groß, sondern er wächst von oben nach unten, und beträgt im Ganzen so

viel, als das Product aus dem Flächenraume der gedrückten Wand in die Entfernung ihres Schwerpunctes von der Oberfläche des Wassers, und in das specifische Gewicht desselben. Wäre z. B. das Gefäß ABCDEFGH (Fig. 28) ganz mit Wasser gefüllt, und betrüge die Höhe AC 4 Fuß und CD 2 Fuß, so wäre der Flächenraum ABCD = 8 Fuß, sein Schwerpunct läge 2 Fuß tief unter der Oberfläche des Wassers, und daher wäre der Druck auf ABCD = 8. 2. 56 $\frac{1}{2}$ = 904 Pf. Diese Berechnung ist wichtig zum Behufe des Schleußen- und Wehrenbaues.

51.

In einem seitwärts verschlossenen Gefäße bringt der Seitendruck des Wassers gar keine Bewegung hervor, wenn die Wände fest genug sind; weil der Druck, den eine Seite erleidet, und der es nach seiner Richtung fort zu bewegen sucht, durch einen anderen Druck auf die entgegengesetzte Seite im Gleichgewichte erhalten wird. So wie man aber an einem Theile der Seitenwand eine Oeffnung anbringt, durch welche das Wasser ausfließen kann, so entsteht durch den Druck auf ein Stück der entgegengesetzten Wand, das eben so groß ist, als die Oeffnung, eine Bewegung nach einer Richtung, die der des ausströmenden Wassers entgegengesetzt ist. Davon überzeugt man sich, wenn man ein mit Wasser gefülltes Gefäß ABCD (Fig. 29) an einem Faden EF aufhängt. So wie man in G eine Oeffnung macht, so neigt es sich, und nimmt die Lage abcd an. Segner hat dieses Gesetz auf ein Rad angewendet, das sich durch die Wirkung des Seitendruckes um seine Axe dreht, und durch Fig. 30 vorgestellt wird. A ist ein hohles cylindri-

sches Gefäß, BC seine Axe, a und b zwei Seitenröhren, die nach entgegengesetzten Richtungen gebogen sind. Wird Wasser in das Gefäß A gegossen, so fließt es durch die Seitenröhren a und b aus, und bewirkt durch den Druck auf das Knie dieser Röhren eine Umdrehung des Gefäßes um seine Axe BC. Barker hat dieses Rad zu einer Mühle benützt, die viel einfacher ist, als unsere gewöhnlichen Mahlmühlen, indem sie weder Rad noch Trilling hat, sondern gleich an der Axe des Segnerischen Cylinders den Laufer trägt.

Communicirende Gefäße.

52.

Gefäße, deren innere Räume mit einander in Gemeinschaft stehen, heißen communicirende Gefäße. In solchen steht eine im Gleichgewichte befindliche Flüssigkeit gleich hoch, ihre Weite und Gestalt mag wie immer beschaffen seyn, wenn nur nicht eines davon gar zu eng ist. Dieses läßt sich durch Versuche zeigen, folgt aber auch unmittelbar aus dem Satze 44 und 46; denn stellt ABC (Fig. 31) ein communicirendes Gefäß vor, so ist der abwärts und aufwärts gerichtete Druck einer Wassersäule auf den Querschnitt ab von ihrer Höhe abhängig. Soll nun Gleichgewicht seyn, so muß dieser Querschnitt eben so stark abwärts als aufwärts gedrückt werden, welches nur seyn kann, wenn in beiden Armen die Wassersäulen gleich lang sind, oder gleich hoch über ab stehen. Gießt man daher in den einen Arm etwas Wasser nach, so muß es auch im anderen Arme steigen.

53.

Man macht von diesem Satze mancherlei Anwendungen. Bei unsern Oehllampen ist immer das Oehlgefäß mit dem, worin der Docht steckt, in Gemeinschaft; gießt man in jenes Oehl, so muß es daher auch in diesem steigen, und zuletzt in beiden gleich hoch stehen. Wenn man bedenkt, daß die Erde in ihrem Innern voll Klüfte, Spalten und Gänge ist, die mit einander in Gemeinschaft stehen; so wird man wohl auch begreifen, daß in ihr das erwähnte Gesetz häufig Anwendung finden muß, indem sie in ihrem Innern eine so große Wassermenge verborgen hält. Unsere Brunnen sind nichts anders als ein Theil eines solchen communicirenden Gefäßes, und das Wasser steigt in ihnen nur so hoch, bis es mit dem in dem anderen Arme enthaltenen Wasser dieselbe Höhe hat. Deßhalb sieht man bei der Wahl eines Ortes für einen anzulegenden Brunnen immer darauf, ob sich in der Umgegend Berge befinden oder Oerter, die höher liegen als der Platz, wo der Brunnen gegraben werden soll; man berücksichtiget auch das Erdreich, in das man eingräbt, und hat besonders gute Hoffnung, wenn man auf Granitfelsen kömmt, durch deren Spalten das Wasser reichlichen Zugang findet. Wenn aber die oberen Erdschichten Thon enthalten, so wird durch sie das Wasser öfters zurück gehalten, und es ist gerade so, als wenn ein Arm eines communicirenden Gefäßes verschlossen wäre. Deßhalb muß man sich oft lange durch solche Schichten hindurch arbeiten, ohne die Mühe durch Wasserzufluß belohnt zu sehen; nicht selten ereignet es sich aber, daß nach Wegnahme einer solchen Schichte plötzlich das Wasser mit Macht eindringt, und sich die Arbeiter eiligst

davon machen müssen. In der Gegend um Wien ist dieser Fall schon öfters eingetreten. Manchmahl steigt das Wasser nach Hinwegnahme solcher Hindernisse über die Oberfläche der Erde hervor, und man braucht in eine Öffnung, die man mit einem Erdbohrer gemacht hat, nur eine Röhre zu stecken, die mit einer Ausgußöffnung versehen ist, um lebendiges Wasser zu bekommen. In solchen Oertern würde aber das Wasser von selbst aus der Erde hervortreten, und eine Quelle bilden, wenn im Innern der Erde keine Hindernisse vorhanden wären. Wirklich hat das Daseyn der meisten Quellen diesen Grund. Oft sind sie uns sehr erwünscht, nicht selten aber auch unseren Zwecken sehr entgegen, wie z. B. wenn sich eine solche Quelle im Ackerlande bildet. Da hilft aber auch alles Ableiten des Wassers durch Abzuggräben oder Saugschächte nichts, weil beständig neues nachfließt. Es gibt kein anderes Mittel die Quelle zu vertilgen, als Thon unterzuschlagen, der das Wasser nicht durchläßt, oder, wenn man etwa befürchtet, daß es dann an einer anderen Stelle hervor brechen könnte, welches leicht geschehen kann, wenn die zuführende Wasserader nicht tief unter der Oberfläche liegt, sie abzugraben, bevor sie den Ackerboden erreicht, und ihrem Laufe eine andere Richtung zu geben. Daß sich oft in Kellern Wasser zeigt, wenn benachbarte Flüsse anschwellen, beruht auf demselben Gesetze, wie das vorhergehende.

54.

Wenn ein Arm eines solchen communicirenden Gefäßes sehr eng ist, so steigt in ihm das Wasser höher, als im anderen weiteren Arme; es geschieht aber dieses nicht durch den Druck des Wassers, sondern durch eine Anziehung, welche

die Theile des Wassers auf einander, und welche die Seitenwände auf sie ausüben. Aus diesem Aufsteigen des Wassers in engen Röhren, die natürlich nicht regelmäßig zu seyn brauchen, beruht das Naßwerden des Sandes, wenn man ihn auf nasses Erdreich schüttet, des Zuckers, der auf nassem Boden liegt, u. d. m. Durch dieselbe Ursache wird auch eine Mauer, die auf feuchtem Boden steht, und gleich von unten auf mit Ziegeln gemauert ist, die schlecht gebrannt sind, eine gute Strecke hinauf naß, so, daß der Anwurf nur kurze Zeit daran hält, und man kann dem Uebel nur dadurch vorbeugen, daß man die Mauer von unten auf aus Steinen macht, die nicht so viele Zwischenräume haben, wie die Ziegel.

55.

Enthält jeder Arm eines Communicationsgefäßes eine andere Flüssigkeit, so wird zur Erhaltung des Gleichgewichtes erfordert, daß die specifisch leichtere Flüssigkeit die specifisch schwerere um so viel an Höhe übertrifft, als sie ihr an specifischem Gewichte nachsteht. So steht z. B. eine Quecksilbersäule mit einer fast 14mahl höheren Wassersäule in einem Communicationsgefäße im Gleichgewichte, weil das specifische Gewicht des Quecksilbers fast 14mahl größer ist, als das des Wassers.

Druck auf eingetauchte Körper.

56.

Wird ein fester Körper in das Wasser getaucht, so erleidet er von ihm denselben Druck, den früher das verdrängte Wasser an derselben Stelle erlitt, und man kann diesen Druck so berechnen, wie den, der die Wände des Gefäßes trifft.

Ist z. B. (Fig. 32) der Körper abcd in das Wasser getaucht, welches bis AB reicht, so erleidet jeder Punct der Seitenwand ab u. s. w. einen Druck, der von seiner Tiefe unter der Oberfläche AB abhängt. Allein dieser Seitendruck wird durch einen gleichen auf der gegenüberstehenden Seite aufgehoben; alle zusammen können wohl die Seitenwände des Gefäßes eindrücken, wenn sie nicht fest genug sind, wie man Beispiele hat von hohlen blechernen oder gläsernen Flaschen, die man sehr tief ins Meer senkte; aber sie werden keine Bewegung des Körpers abcd bewirken können. Um den aufwärts und abwärts gerichteten Druck schätzen zu können, denke man sich an die Stelle des Körpers abcd die durch ihn verdrängte Wassermasse. Da sieht man leicht ein, daß sie durch die Säule eacf und durch ihr eigenes Gewicht abwärts, aber, weil Gleichgewicht vorausgesetzt wird, eben so stark aufwärts gedrückt wird. Daher ist der abwärts gerichtete Druck auf ac um das Gewicht des Wasserkörpers abcd größer, als der aufwärts gerichtete auf bd. Da nun der eingetauchte Körper denselben Druck erleiden muß, so wird er im Wasser mit einer Kraft aufwärts gedrückt werden, die dem Gewichte des Wassers unter demselben Rauminhalte gleich kommt, oder er wird im Wasser um so viel weniger wiegen, als das Gewicht eines Wasserkörpers von derselben Größe beträgt.

57.

Eine natürliche Folge dieser Wahrheit ist, daß ein Körper, dessen specifisches Gewicht dem der Flüssigkeit gleich ist, in welche er getaucht wurde, in derselben ganz gewichtlos erscheinen, mithin weder aufsteigen, noch zu Boden sinken

wird. Ein Körper, dessen specifisches Gewicht kleiner ist, als das einer Flüssigkeit, kann nicht ganz in derselben eingetaucht bleiben; denn, wenn er auch mit Gewalt hineingestoßen wird, so muß er doch wieder in die Höhe steigen, wenn die Gewalt nachgelassen hat, bis nur ein Theil von ihm eingetaucht ist, wie man dieses an Korkholze, das man im Wasser zu Boden drückt, sehen kann. Jeder Körper, dessen specifisches Gewicht größer ist, als das der Flüssigkeit, in die er getaucht wurde, sinket in ihr mit seinem Gewichtsüberschusse zu Boden. Nur gar kleine Körper, wie z. B. sehr dünne Metallblättchen, Nadeln, feine Sandkörner, machen davon eine Ausnahme, und bleiben auf der Oberfläche der Flüssigkeit schweben. Die letzteren, nämlich die gar kleinen Staub- und Sandkörner können sich selbst mitten in einer flüssigen Masse lange Zeit erhalten, besonders, wenn die Flüssigkeit nicht ganz ruhig ist.

58.

Man kann aber doch auch solche Körper in einer Flüssigkeit zum Schwimmen bringen, die in ihrem natürlichen Zustande ihr specifisches Gewicht übertreffen, wenn man sie aushöhlt, oder mit specifisch leichteren in Verbindung bringt. So macht man aus Eisen, das doch fast 8mahl schwerer ist, als das Wasser, hohle Kugeln, die im Wasser recht wohl schwimmen; man verfertiget auch aus demselben Materiale Kähne, die noch eine ziemliche Last tragen, ohne unterzugehen; ja selbst der Mensch, dessen specifisches Gewicht größer ist, als das des Wassers, schwimmt in demselben, wenn er sich mit Luft gefüllte Blasen, oder einen Panzer aus Korkholz umbindet. Indeß muß man ein solches Schwim-

men, bei dem der Mensch gar nichts zu thun hat, wobei er weder Hand noch Fuß zu bewegen braucht, von dem recht wohl zu unterscheiden wissen, das er ohne Anhängsel bloß durch künstliche Bewegungen vollbringt. Letzteres ist kein eigentliches Schwimmen, sondern ein beständiges Wehren gegen das Untersinken, das dadurch geschieht, daß man sich auf das Wasser durch gehörige Stellung der Hände und Füße so stützt, wie man es oft thut, wenn man sich von einem Sitze erhebt.

59.

Man kann durch eine leichte Rechnung finden, wieviel von einem Körper durch Aushöhlen weggenommen werden muß, oder wie viel man ihm von einem specifisch leichteren zusetzen muß, damit er im Wasser schwimme. Ein Beispiel wird diese Rechnungsweise für alle Fälle darthun. Weiß man z. B. daß Eisen 8mahl schwerer ist als Wasser, so kann einem auch nicht entgehen, daß eine eiserne Kugel durch Aushöhlen 8mahl leichter werden muß, wenn sie im Wasser schwimmen soll. Dabei wird sie doch noch ganz eingetaucht bleiben; wollte man bewirken, daß ein Theil von ihr über das Wasser hervorrage, so müßte man sie noch leichter machen, mithin noch mehr Materiale aus dem Innern herausnehmen.

Ist einem bekannt, daß sich das specifische Gewicht eines Menschen zum specifischen Gewichte des Wassers verhält wie 1111 : 1000, so findet man leicht durch eine einfache Proportion, daß das Wasser unter dem Rauminhalte eines Menschen von 120 Pf. nur ein Gewicht von 108 Pf. habe, daß ihm daher im Wasser 12 Pf. Gewicht bleiben.

Wollte man ihn nun mittelst Korkholz auf der Wasseroberfläche erhalten, so müßten dadurch etwas mehr, als diese 12 Pf. aufgewogen werden. Da sich das specifische Gewicht des Korkholzes zu dem des Wassers verhält wie 240 : 1000, so muß ein Kubikfuß Korkholz $13\frac{1}{2}$ Pf. wiegen, mithin hinter einem Kubikfuß Wasser um $56\frac{1}{2} - 13\frac{1}{2} = 43$ Pf. zurückbleiben. Nimmt man daher zu obigem Zwecke $\frac{1}{3}$ Kubikfuß d. i. $4\frac{1}{2}$ Pf. Korkholz, so wird der Mensch bequem im Wasser schwimmen können.

60.

Die Größe des eingetauchten Theils eines schwimmenden Körpers hängt vom Verhältnisse seines specifischen Gewichtes zu dem der Flüssigkeit ab, und ist immer gleich dem Rauminhalte einer flüssigen Masse, die eben so viel wiegt, wie der ganze eingetauchte Körper; denn nur da ist sein Gewichtsverlust seinem ganzen Gewichte gleich, wie es zum Schwimmen erfordert wird. Ein Körper, der halb so schwer ist, als Wasser, taucht sich in ihm nur zur Hälfte ein. Wird ein schwimmender Körper belastet, so muß er sich tiefer einsenken. Dieses wird um den sovielten Theil seines schon früher eingetauchten Rauminhaltes geschehen, der wievielte Theil des ganzen Gewichtes zugesetzt worden ist. Beträgt z. B. die Belastung $\frac{1}{10}$ des ganzen Gewichtes des Körpers, so muß er sich auch um $\frac{1}{10}$ tiefer als bisher einsenken. Hierauf beruht die Möglichkeit aus leeren wohl verspundeten Fässern Brücken zu bauen, oder auch versunkene Lasten aus dem Wasser zu heben. Letzteres ist mit dem Admiralschiffe Royal George geschehen.

Auch die Berechnung der Belastungsfähigkeit eines Schif-

fes wird nach diesem Grundsatze eingerichtet. Beträgt z. B. der Rauminhalt eines Schiffes 200000 Kubikfuß, so verdrängt es, wenn es bis auf den obersten Rand eingesenkt ist, $200000 \times 56\frac{1}{2} = 11300000$ Pf. Wasser. Hat es ohne Belastung ein Gewicht von 400000 Pf., so senkt sich in diesem Zustande sein $\frac{400000}{11300000}$ter oder $\frac{4}{113}$ter Theil ein, und nimmt eine Belastung von $11300000 - 400000 = 10900000$ Pf. an, wenn es bis zum Rande eingetaucht seyn soll. Bei jeder geringeren Belastung ragt dann ein angemessener Theil der Seitenwand über das Wasser hervor.

61.

Ein und derselbe Körper wird sich in Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte ungleich weit eintauchen, und zwar in der leichteren weiter als in der schwereren, weil von jener eine größere Menge erfordert wird, um das Gewicht des eingetauchten Körpers aufzuwiegen, als von dieser. Deßhalb sinket auch ein Schiff, das vom schwereren Meerwasser in einen Fluß tritt, alsogleich weiter ein, und kann oft nur, nachdem es einen Theil der Belastung abgegeben hat, ohne Gefahr weiter segeln.

62.

Auf diesem Grundsatze beruhet die Einrichtung der meisten Instrumente, die unter dem Namen Aräometer bekannt sind, die aber auch manchmahl nach dem speciellen Gebrauche, den man von ihnen macht, Branntweinwagen, Salzwagen, Säuremesser u. s. w. genannt werden. Sie bestehen aus einem hohlen, gläsernen oder metallenen Körper, der in der zu untersuchenden Flüssigkeit in einer bestimmten Lage schwimmt, und sich in sie desto weiter einsen-

ket, je leichter sie ist. Fig. 33 stellt drei solche Instrumente von verschiedener Gestalt vor.

Man sieht leicht ein, daß solche Instrumente eigentlich nur das specifische Gewicht der Flüssigkeit anzeigen. Dieses läßt sich daher auch bei Aräometern von guter Einrichtung aus einer Scale entnehmen, die sich an dem eingetauchten Körper, oder an einer angesetzten dünnen Röhre desselben befindet; wiewohl es eine Menge Aräometer gibt, die an dieser Scale nur willkührlich angenommene Theile, sogenannte Grade, enthalten. Es kann aber auch mit dem specifischen Gewichte einer Flüssigkeit das Verhältniß ihrer Bestandtheile, und deßhalb auch ihre Güte in einer solchen Verbindung stehen, daß sich aus ersterem leicht auf das letztere schließen läßt. Dieses ist z. B. beim Branntweine der Fall. Dieser besteht in der Regel aus Wasser und Weingeist, und ist überhaupt desto leichter, je mehr Weingeist, oder je weniger Wasser er enthält; er ist aber auch desto besser. Sobald die Menge des einen oder des anderen dieser Bestandtheile verändert wird, zeigt sich auch eine Aenderung im specifischen Gewichte; deßhalb geben sogenannte Branntweinwagen durch die Größe des eingetauchten Theiles die Güte des Branntweines, und seinen Gehalt an Weingeiste an. Dieses geht aber nicht so bei allen Flüssigkeiten. Wein und Bier lassen sich nicht durch ein Aräometer erproben, weil beide bei verschiedenen specifischen Gewichten eine gleiche Güte haben können, und von zwei Wein- oder Biersorten bald die schwerere bald die leichtere den Vorzug der Güte behauptet.

63.

Da die Erfahrung lehrt, daß Flüssigkeiten, so wie alle

anderen Körper, in der Regel ein geringeres specifisches Gewicht bekommen, wenn sie erwärmt werden; so muß man offenbar bei der Schätzung des specifischen Gewichtes, und alles dessen, was mit demselben im Zusammenhange steht, auf den Wärmegrad des zu untersuchenden Körpers Rücksicht nehmen. Diesen Grad erfährt man mittelst sogenannter Wärmemesser, von denen in der Folge mehr vorkommen wird.

64.

Wenn das specifische Gewicht einer Flüssigkeit, oder das des eingetauchten Körpers veränderlich ist, so kann es geschehen, daß sich der feste Körper in der Flüssigkeit bald untertaucht, bald in die Höhe steigt, wohl auch in jeder Schichte derselben ruhig stehen bleibt. Dieses sehen wir an Fischen, die sich im Wasser durch die sogenannte Schwimmblase bald heben, bald senken, und an dem sogenannten cartesianischen Taucher (Fig. 34). So heißt man eine hohle Figur aus Glas, die eine feine Oeffnung hat, und in einem mit Wasser gefüllten, aber mit einer Blase verschlossenen Gefaße enthalten ist. Diese Figur schwimmt im Wasser, und steht im natürlichen Zustande mit dem oberen Theile an die Blase an; wie man aber auf dieselbe drückt, so pflanzt sich dieser Druck nach allen Richtungen fort, und es dringt Wasser durch die enge Oeffnung ins Innere dieser Figur; dadurch wird sie schwerer, und sinkt zu Boden. So wie man mit dem Drucke nachläßt, vertreibt die im Inneren enthaltene Luft das Wasser, und die Figur kehrt in den ersten Zustand des Gleichgewichtes zurück. Etwas ähnliches bemerkt man auch am menschlichen Körper. Da nämlich sein specifisches Gewicht das des Wassers sehr wenig übertrifft, so kann er durch

eine geringe Verminderung desselben im Wasser schwimmen. Letzteres geschieht durch die Erweiterung der Brust beim Einathmen. Aus derselben Ursache schwimmen auch Leichen, welche durch die in ihnen anfangende Fäulniß einen größeren Raum einnehmen, und geben dem Leichtgläubigen, der überall Geheimes und Unbegreifliches wittert, Veranlassung zu der Meinung, das Wasser leide keinen Leichnam.

65.

Was bisher von festen Körpern gesagt wurde, die in flüssige getaucht sind, das gilt auch von flüssigen, die sich in einer andern Flüssigkeit befinden; es sinkt nämlich die schwerere Flüssigkeit in der leichteren zu Boden, und die leichtere ruht auf der schwereren, wenn sie sich nicht mit einander chemisch vermischen. Quecksilber und Wasser, Wasser und Oehl, ja sogar warmes und kaltes Wasser geben Belege für diesen Satz. Der letztere Fall, wo nämlich warmes Wasser stets über dem kälteren ruht, und sogar durch dieses aufsteigt, um den obersten Platz zu gewinnen, dabei es aber auch erwärmt, erleidet in manchen Fällen eine nützliche Anwendung.

So ist es z. B. bei der Bereitung eines warmen Bades immer vortheilhafter, das warme Wasser zuerst in die Wanne zu gießen, und das kalte darauf folgen zu lassen, oder, wenn andere Umstände ein umgekehrtes Verfahren räthlich machen, doch immer das warme Wasser mittelst einer Röhre bis auf den Boden der Wanne zu leiten, damit es dann erst durch das kalte aufsteige, und eine gleichförmig erwärmte Masse erzeuge. Derselbe Grund erklärt es, warum Wasser um so viel leichter warm wird, wenn man von unten her die Wärme darauf wirken läßt, wie es bei unseren Sparherden ge=

schieht, als wenn man es von der Seite an die Wärmequelle stellt.

66.

Wenn man will, daß ein fester Körper nicht allein in einer Flüssigkeit schwimme, sondern daß er in derselben ruhig stehen bleibe, so muß er so eingerichtet seyn, daß sein Schwerpunct, und der Schwerpunct der verdrängten Flüssigkeit in derselben verticalen Linie liegen. Soll sein Stand noch überdieß von der Art seyn, daß er ihn gegen Kräfte, die ihn ändern wollen, zu behaupten sucht, und selbst, wenn er aus seiner Lage gebracht wurde, wieder in dieselbe zurückkehrt, sobald die äußere Kraft, die ihn verrückte, nachgelassen hat; so muß nebst dem noch eine zweite Bedingung Statt finden, die darin besteht, daß der Schwerpunct des Körpers unter den der verdrängten Flüssigkeit falle. Um dieses einzusehen, darf man sich nur vorstellen, daß der eingetauchte Körper von zwei Kräften afficirt wird, wovon eine, von seinem Schwerpuncte aus, vertical abwärts wirket, während die andere, vom Schwerpuncte der verdrängten Flüssigkeit aus, nach derselben Linie aufwärts zieht. Offenbar sind diese zwei Kräfte nur dann im Gleichgewichte, wenn ihre Richtungen in dieselbe gerade Linie fallen. Wäre aber der Schwerpunct der verdrängten Flüssigkeit unter dem des eingetauchten Körpers, so würde jede Kraft, die diesen seitwärts treibt, ein Umschlagen desselben bewirken; wären beide in einem Puncte vereiniget, so würde der Körper in jeder Lage ruhen; ist aber der Schwerpunct A (Fig. 39) des eingetauchten Körpers unterhalb des Schwerpunctes der verdrängten Flüssigkeit, so wird jede Kraft, die A nach a treibt, bewirken, daß er durch eine Reihe von

Schwingungen, wovon die Dauer jeder einzelnen unter andern auch von der Entfernung beider Schwerpuncte abhängt, in die alte Lage zurückkehren.

67.

Dieses findet eine vorzügliche Anwendung bei Schiffen. Theils die Wellen und Ruder, theils, und zwar vorzüglich, die unmittelbare Einwirkung des Windes auf die Segel, bringen in einem Schiffe beständige Schwankungen hervor, die bei großen Schiffen auch sehr beträchtlich sind. Dabei dreht es sich um einen Punct, den man sein Metacentrum nennt. So lange es ruhig steht, kann es der geringste Windstoß neigen, je weiter es sich neigt, desto mehr Kraft wird erfordert, dieses noch mehr zu thun, besonders, wenn es mit einem sogenannten Kiele versehen ist.

68.

Der Wasserdruck hat vor dem Drucke eines festen Körpers, als bewegende Kraft betrachtet, den großen Vortheil, daß man die einmahl gesunkene Masse nicht wieder zu heben braucht, sondern, daß man einen beständigen Nachfluß derselben unterhalten kann. Man muß aber die Gesetze kennen, nach denen sich das Wasser bewegt, wenn man bei der Zuleitung desselben vor Fehlgriffen gesichert seyn will.

Bewegung des Wassers.

69.

Wenn sich tropfbare Flüssigkeiten frei bewegen, so befolgen sie dieselben Gesetze, wie feste Körper, und man kann ihre Geschwindigkeit, und die Größe des zurückgelegten Weges eben so, wie bei diesen bestimmen. Wenn sie aber bloß

durch begränzte Oeffnungen ausfließen, beobachten sie ganz eigene Gesetze, die auf der Beweglichkeit ihrer Theile, und auf ihrem Anhängen an die Wände des Gefäßes beruhen, aus dem sie fließen. Vermöge der ersteren bewegen sich die Theile über der Oeffnung nicht bloß in verticaler Richtung gegen die Oeffnung hin, sondern sie steigen auch schief gegen sie hinab; vermög dem Anhängen ihrer Theile an die Wände des Gefäßes müssen sie sich von denselben losreißen, und eine andere Geschwindigkeit erlangen, als die von den Wänden entfernteren Tropfen haben; ganz gegen die Gesetze der Bewegung fester Körper, deren alle Theile beim Falle dieselbe Geschwindigkeit haben.

Wenn ein mit Wasser angefülltes Gefäß am Boden eine Oeffnung hat, durch welche es herausfließen kann, so wird jedes Theilchen, das sich an der Oeffnung befindet, mit einer Geschwindigkeit ausfließen, die vom Drucke der verticalen über ihm stehenden Wassersäule abhängt. Man kann beweisen, daß es dieselbe Geschwindigkeit beim Ausflusse haben wird, als wenn es von der Oberfläche des Wassers frei herabgefallen wäre.

Die Tafel I, welche eigentlich die Geschwindigkeit eines schweren Körpers bei einer gegebenen Fallhöhe darstellt, dient auch um die Geschwindigkeit des Wassers unter einer gegebenen Druckhöhe zu bestimmen; denn sind die Zahlen in der ersten Columne die Druckhöhen, so geben die in der zweiten die Geschwindigkeiten, welche ihnen entsprechen.

70.

Zur Prüfung dieses Gesetzes ließ Bossut unter verschiedenen Druckhöhen Wasser aus einer kreisrunden Oeffnung flie-

ßen, die einen Zoll im Durchmesser hatte, und fand für jede Druckhöhe die ausfließende Wassermenge, die den jedesmahligen Geschwindigkeiten proportionirt seyn muß. Diesen zu Folge beträgt, bei einer Druckhöhe

von	1	Fuß,	die Wassermenge	2722	Par.-Zoll
"	2	"	"	3846	"
"	4	"	"	5436	"
"	8	"	"	7672	"
"	9	"	"	8135	"

Der Theorie nach, sollen sich die Wassermengen verhalten wie

$$\sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{8} : \sqrt{9}$$

d. i. beiläufig wie $1 : 1\frac{141}{1000} : 2 : 2\frac{828}{1000} : 3$;

dem Versuche gemäß verhalten sie sich aber wie obige Wassermengen, oder wenn man alle durch 2722 theilt, wie die Zahlen

$$1 : 1\frac{413}{1000} : 1\frac{991}{1000} : 2\frac{818}{1000} : 2\frac{988}{1000}.$$

Hieraus ersieht man, daß die Theorie hinreichend mit den Versuchen übereinstimmt, und daß daher der ausgesprochene Satz für vollkommen wahr gehalten werden kann.

71.

Wenn ein mit einer Bodenöffnung versehenes Gefäß eben so viel Zufluß hat, als Wasser abfließt, mithin durchaus dieselbe Druckhöhe behält, so muß die abfließende Wassermenge der Zeit des Abflusses und der Größe der Oeffnung proportionirt seyn, wenn alle durch die Oeffnung gehenden Theile dieselbe Geschwindigkeit haben. Man kann sich überhaupt unter dieser Voraussetzung vorstellen, daß in einer Secunde ein Wasserkörper abfließt, dessen Basis die

Oeffnung des Gefäßes, und dessen Höhe die Geschwindigkeit des Wassers darstellt. Daß obige Voraussetzung nicht in der Erfahrung Statt findet, ist aus 70 klar und schon daraus ersichtlich, daß sich der herausfließende Strahl nicht weit von dem Boden des Gefäßes zusammenzieht, und einen Durchschnitt annimmt, der um ein bedeutendes kleiner ist, als die Oeffnung des Gefäßes. Fig. 36 stellt dieses vor.

72.

Ueber diese Zusammenziehung des Wasserstrahles haben viele Gelehrte Versuche angestellt, wie z. B. Bossut, Venturi, Eytelwein, und im Durchschnitte gefunden, daß sie $\frac{645}{1000}$, oder fast $\frac{16}{25}$ der Oeffnung beträgt, so daß sich die ähnlichen Dimensionen der Oeffnung und des zusammengezogenen Strahles wie $\sqrt{25} : \sqrt{16}$, d. i. wie $5 : 4$ verhalten.

73.

Vermög dieser Zusammenziehung des Wasserstrahles muß die Wassermenge, die in einer gegebenen Zeit durch eine Bodenöffnung ausfließt, kleiner ausfallen, als man sie findet, wenn man die Oeffnung mit der Geschwindigkeit des Wassers, und mit der Zeit des Ausflusses multiplicirt. Folgende Tafel gibt eine Ansicht vom Verhältnisse der berechneten Wassermenge zur wahren, nach Bossuts Versuchen, wo die Bodenöffnung an einem dünnen Bleche angebracht war.

Der Durchmesser der kreisförmigen Oeffnung betrug	Die Druckhöhe	Die berechnete | Die gefundene Wassermenge in einer Minute	
6 Linien	11 F. 8 Z. 10 L.	3762 Kubz.	2311 Kubz.
12 =	11 = 8 = 10 =	15048 =	9281 =
24 =	11 = 8 = 10 =	60192 =	27201 =
6 =	9 — —	3286 =	2018 =
12 =	9 — —	13144 =	8135 =
6 =	4 — —	2191 =	1353 =
12 =	4 — —	8763 =	5436 =

Hieraus sieht man, daß es erlaubt ist, immer $\frac{6}{10}$ der berechneten Wassermenge für die wahre zu halten. Hätte demnach ein Gefäß eine Bodenöffnung von 2 Quadratzoll, wäre die Druckhöhe 9 Zoll, mithin die Geschwindigkeit $\frac{792}{1000}$ Fuß oder $8\frac{7}{10}$ Zoll, so müßten in 1 Stunde, oder in 3600 Secunden ausfließen:

$$3600 \times 2 \cdot 8\tfrac{7}{10} \cdot \tfrac{6}{10} = 37584 \text{ Kub. Zoll.}$$

74.

Vergleicht man die Wassermengen, die in einer gewissen Zeit aus zwei Gefäßen ausfließen, deren Druckhöhen und Oeffnungen zwar einander gleich sind, deren aber eines diese Oeffnung in einer dünnen Bodenwand hat, während das andere das Wasser durch eine kurze am Boden angebrachte Röhre, oder durch eine an einer dicken Wand angebrachte Oeffnung fließen läßt; so findet man die Wassermenge im letzten Falle bedeutend größer, so daß die wirkliche Ausflußmenge schon $\frac{13}{16}$ von der berechneten beträgt, und daher um $\frac{13}{16} - \frac{6}{10} = \frac{130-96}{160} = \frac{34}{160}$ größer ist.

75.

Nach Poleni's Erfahrungen wird die Ausflußmenge noch bedeutend vermehrt, wenn man statt einer cylindrischen Röh-

re eine kegelförmige an die Bodenwand ansetzt, deren kleinster Durchmesser zu abwärts gekehrt ist, wie Fig. 37 zeigt. Diese Erfahrungen gaben für

eine Länge der konischen Röhre von	Durchmesser der Ansatzröhre		Druckhöhe	Wassermenge	
	größter	kleinster		wirkliche	berechnete
92 Linien	118L.	26L.	1F. 9Z. 4L.	23687Kz.	27527Kz.
92 =	60 =	26 =	1 = 9 = 4 =	24345 =	27527 =
92 =	42 =	26 =	1 = 9 = 4 =	24619 =	27527 =
92 =	33 =	26 =	1 = 9 = 4 =	24758 =	27527 =

Hieraus ergibt sich eine Abweichung der beobachteten von der berechneten Ausflußmenge von $\frac{1}{10}$; mithin beträgt die Ausflußmenge um $\frac{3}{10}$ mehr als bei der ersten, um $\frac{1}{10} - \frac{3}{16} = \frac{16-3}{160} = \frac{13}{160}$ mehr als bei der zweiten Einrichtung der Oeffnung. Man kann noch eine größere Annäherung der wirklichen Ausflußmenge an die berechnete bewirken, wenn man die konische Röhre so einrichtet, daß sich ihre Durchmesser wie die Durchmesser des nicht zusammengezogenen und des zusammengezogenen Strahles verhalten, d. i. 5 : 4, und wenn ihre Länge etwas mehr, als der Halbmesser der Einmündung beträgt. In diesem Falle beträgt die wirkliche Wassermenge $\frac{30}{31}$ von der berechneten.

76.

Wenn ein Wasserbehälter die Ausgußöffnung statt am Boden an der Seite hat, so sieht man wohl, daß nicht alle Theile des Wassers mit gleicher Geschwindigkeit abfließen können, weil nicht alle von gleich hohen Wassersäulen beschleunigt werden, und daß die am unteren Rande der Oeffnung ausströmenden die größte, die am oberen aber die kleinste Geschwindigkeit haben werden. Denkt man sich unter

allen diesen Geschwindigkeiten eine solche, die eben so viel Wasser ausfließen ließe, wenn sie alle Theile hätten, wie dieses bei der ungleichen Beschleunigung der Theile der Fall ist, so hat man einen Begriff von der mittleren Geschwindigkeit. In Fällen, wo der verticale Durchmesser der Oeffnung nicht groß ist in Bezug auf die Entfernung ihres obersten Randes von dem Wasserspiegel, kann man annehmen, daß die mittlere Geschwindigkeit von der Wassersäule abhängt, die vom Schwerpuncte der Oeffnung bis zur Oberfläche des Wassers gerechnet wird. In solchen Fällen kann man daher die Menge des ausfließenden Wassers für eine gegebene Zeit nach denselben Gesetzen berechnen, wie dieses bei einer Bodenöffnung geschehen ist.

77.

Das aus einer Seitenöffnung ausfließende Wasser erlangt vermöge des Druckes der oben aufliegenden Wassertheile eine horizontale Richtung, wird aber von der Schwere immer abwärts gezogen, und so nach denselben Gesetzen bewegt, wie ein fester geworfener Körper. Dieses findet selbst noch Statt, wenn die Oeffnung schief gegen den Horizont ausläuft. Es ist nämlich hier wieder die Bewegung des Wassers ganz mit der Bewegung schief geworfener Körper übereinstimmend.

78.

Ist die Oeffnung vertical aufwärts gerichtet, so muß der Wasserstrahl in die Höhe springen, und der Theorie nach bis zur Oberfläche des Wassers im Gefäße reichen. In der Erfahrung bleibt er aber immer um ein bedeutendes zurück, weil sich die Wassertheile an die Seitenwände der Oeffnung

anhängen, und nur mittelst einer Kraft davon getrennt werden können; weil der Widerstand der Luft eintritt, und zugleich auch die herabfallenden Wassertheile die ihnen begegnenden steigenden Strahlen im ferneren Aufsteigen hindern. Man kann zwar diese Hindernisse vermindern, indem man den Strahl nicht unmittelbar aus einer Röhre, sondern aus einer durchbohrten Platte hervorspringen läßt, ihn etwas neigt, damit die fallenden Tropfen den aufsteigenden nicht begegnen, und überhaupt der Oeffnung eine bestimmte Größe gibt; aber da man sie doch nicht ganz vernichten kann, so erreicht der Strahl bei allen Maßregeln nie die durch die Theorie angegebene Höhe. Deßwegen können nur wieder Versuche entscheiden, wie hoch ein Strahl bei einer gegebenen Druckhöhe springen wird. Solche Versuche stellte der berühmte Mariotte an, und fand:

Länge der Leitröhre	Durchmesser der Leitröhre	Durchmesser der Mündung	Druckhöhe	Strahlhöhe
Fuß	Zoll	Linien		
12	3	6	12 $\frac{3}{10}$	12
24	3	2	24 $\frac{4}{10}$	22 $\frac{1}{10}$
24	3	4	24 $\frac{4}{10}$	22 $\frac{8}{10}$
24	3	6	24 $\frac{4}{10}$	22 $\frac{8}{10}$
26	3	3	26	22
26	3	6	26	24 $\frac{2}{10}$
26	3	10	26	23 $\frac{7}{10}$
35	3	3	34 $\frac{9}{10}$	28
35	3	4	34 $\frac{9}{10}$	30
35	3	6	34 $\frac{9}{10}$	31 $\frac{7}{10}$
35	3	15	34 $\frac{9}{10}$	27

Bewegung des Wassers in Röhren.

79.

Selten kann man das Wasser als bewegende Kraft an dem Orte benützen, wo es aus der Boden- oder Seitenöffnung eines Gefäßes abfließt. Es ist in vielen Fällen nothwendig es durch Röhren an den eigentlichen Bestimmungsort hinzuleiten; deßhalb muß man auch die Bewegung des Wassers in Röhren kennen.

80.

Die Bewegung des Wassers in Röhren muß wie die des Wassers in Gefäßen überhaupt beurtheilt werden, nur mit dem Unterschiede, daß ein großer Theil der bewegenden Kraft zur Ueberwindung der Reibung an den Wänden der Röhren angewendet werden muß, so daß das Wasser in denselben immer eine geringere Geschwindigkeit hat, als es vermöge der Fallhöhe nach der Tafel I haben sollte. Dieser Unterschied der Geschwindigkeit ist desto größer, je länger und je enger die Röhre ist, und je schneller sich das Wasser darin bewegt. Nach Bossuts Erfahrungen gibt eine Röhre von 16 Linien Durchmesser und 30 Fuß Länge in einer Minute 2778 Kubikzoll Wasser, während eine andere eben so weite, aber 60 Fuß lange, bei derselben Fallhöhe nur 1957 Kubikzoll gibt. Desgleichen fand Bossut die Wassermenge einer Röhre von zwei Zoll Weite und 30 Fuß Länge = 7680 Kubikzoll.

81.

Wenn eine Röhre dieselbe Weite beibehält, und eine Krümmung macht, so entsteht dadurch ein Aufenthalt des Wassers, der desto größer ist, je schneller sich das Wasser vor

dem Anprellen an die Krümmung bewegte, und je kleiner der Winkel ist, den die beiden Röhrentheile mit einander machen. Diese Wahrheit ersieht man am besten aus Venturis Versuchen, der drei Röhren nahm, wovon jede 15 Zoll lang, $14\frac{1}{2}$ Linie weit und cylindrisch war. Die eine blieb gerade, die andere wurde in die Form eines Quadranten, die dritte unter einem rechten Winkel scharf gebogen. Wurden diese Röhren an einem Wasserbehälter so angemacht, daß ihre Axen in einerlei Horizontalebene lagen, so gab bei einerlei Druckhöhe die

erste in einer Secunde			$153\frac{6}{10}$	K. Zoll Wasser		
zweite	=	=	$138\frac{2}{10}$	=	=	=
dritte	=	=	$98\frac{7}{10}$	=	=	=

82.

Wenn man Röhren zum Behufe der Wasserleitungen anordnet, so muß man vorzüglich auf ihre Stärke sehen, damit sie den Druck des Wassers aushalten, ohne zu reißen. Man nehme sie nicht enger als nöthig ist, gebe ihnen da, wo sie sich wenden, stets eine bogenförmige Krümmung, ja nie scharfe Ecken, und nehme den Halbmesser der Krümmung so groß als möglich, mache auch da die Röhre etwas weiter. Wo Röhren zusammenstoßen, vermeide man auf das sorgfältigste jede plötzliche Verengung, weil diese stets ein Zusammenziehen des Wasserstrahles verursachet. Steigt eine Röhrenleitung in die Höhe, und fällt dann wieder, so sammelt sich nicht selten in den höchsten Stellen Luft, die dem Durchflusse des Wassers im Wege steht. Um dieser den Ausgang zu verschaffen, bringe man kleine verticale Luftröhren an, die man Windstöcke nennt. An tiefer liegenden Stellen, versieht man

sie etwa alle 50 Klafter mit einem viereckigen Kasten, sogenannten Wechselhäuschen, damit sich daselbst alle Unreinigkeit des Wassers absetzen kann.

Bewegung des Wassers in Canälen und Flüssen.

83.

Oft ist der Wasserbedarf so groß, daß die zuführenden Röhren zu weit seyn müßten, wenn sie die ganze nöthige Wassermenge zuführen sollen; oft muß das Wasser so weit hergebracht werden, daß es in Röhren fast seine ganze Geschwindigkeit einbüßen würde. In solchen Fällen legt man lieber offene Rinnsale oder Canäle an.

84.

Bei der Anlegung eines Canals hat man vor allem andern auf den Bach oder Fluß zu sehen, der den Canal speisen soll, und es muß bekannt seyn, wie viel Wasser er gewöhnlich, besonders in der trockensten Jahreszeit, liefert, damit man diese mit der Wassermenge vergleichen kann, welche die anzulegende Maschine zu ihrer Bewegung fordert. Auch das Erdreich, durch welches der Canal geführt werden soll, darf einem nicht gleichgültig seyn. Hierauf muß man noch den Abhang des künftigen Canals berücksichtigen, weil davon die Geschwindigkeit des fließenden Wassers abhängt.

85.

Den Abhang oder das Gefälle eines Canals, Baches oder Flusses, d. i. die Größe, um wie viel ein Ort desselben höher liegt als ein anderer, findet man durch das so-

genannte Nivelliren. Dazu braucht man ein Instrument, welches den Namen Wasserwage führt. Es gibt deren mehrere Arten. Die einfachste und zur Nivellirung eines Canals hinlänglich brauchbare Art ist Fig. 38 abgebildet, und besteht aus einer blechernen Röhre ab, an deren beiden Enden zwei cylindrische Gläser ac und bd unter einem rechten Winkel angesetzt sind, so daß das Ganze eine Communicationsröhre vorstellt.

86.

Soll mittelst dieses Instrumentes der Höhenunterschied des Ortes A, wo das Wasser herkommt, und desjenigen B, wo es hinfließt, gefunden werden, so frägt es sich zuerst, ob man von B nach A sehen kann oder nicht. Im ersten Falle befestiget man die Wasserwage in B, füllt die Röhren zum Theile mit Wasser, errichtet in A eine verticale Stange, an welcher sich ein schwarzes Bret mit einem weißen Kreuze verschieben läßt. Nun sieht man längst der Oberfläche des Wassers c und d hin, und verschiebt das genannte Bret so lange, bis das Kreuz E in die gerade Linie cd fällt. Wird nun die Höhe von c und E gemessen, so gibt ihr Unterschied den gesuchten Abhang oder das Gefälle. Kann man von B nicht unmittelbar nach A sehen, so wählt man sich eine oder, wenn es Noth thut, mehrere Zwischenstationen, von deren jeder man auf die beiderseits zunächst daran grenzenden sehen kann, und wovon die letzte die Ansicht von A gestattet. Wird nun der Höhenunterschied von je zwei solchen Puncten gefunden, die zunächst an einander stehen, so gibt die Summe aller dieser Unterschiede das gesuchte Gefälle. Man darf aber bei diesem Verfahren nie vergessen, daß es nur für nicht gar

zu große Entfernungen der Puncte B und A richtige Resultate gibt; für große Entfernungen macht die Krümmung der Erde eine Verbesserung des gefundenen Gefälles nothwendig.

87.

Das Gefälle eines Canals soll nicht gar zu klein seyn; denn bei einem gar kleinen Gefälle geht nicht nur das Wasser zu langsam, und übet, wenn es durch den Stoß wirken soll, eine zu geringe Wirkung aus, sondern es geht auch durch das Durchsintern ein guter Theil des Wassers verloren, und man muß bei jeder eintretenden Kälte befürchten, daß es bei der so langsamen Bewegung einfriert. Macht man aber das Gefälle gar groß, so wird dadurch der Canal zu stark hergenommen, und bedarf beständiger Reparaturen. Ein Abhang von drei Zoll auf eine Länge von 100 Klafter ist in den meisten Fällen hinreichend.

88.

Ist das Gefälle, welches der Canal bekommen soll, oder bekommen kann, einmahl ausgemittelt, so wird zum Ausgraben geschritten. Damit von den Wänden keine Erde ins Wasser rolle, gebe man ihnen eine Neigung von 45°; ist das Erdreich, durch welches man den Canal führt, Thon nur mit wenig Sand vermischt, so hat man kein Durchsintern des Wassers zu besorgen, und man kann den Graben so lassen, wie ihn die Natur gibt; nur, wenn das Erdreich nicht fest genug ist, deckt man es mit Steinen. Kommt man aber auf Torf oder Schlamm, so belegt man den Boden mit Sand, stoßt diesen kräftig zusammen, und bedecket ihn so wie die Seiten wieder mit langen Steinen. Sandige

Stellen decket man mit Thon oder Rasen. Soll der Canal durch tief liegende Stellen geführt werden, so muß man, statt Erde auszugraben, vielmehr durch Aufführen der Seitenwände ein Bett bilden. Da nimmt man zu den Seitenwänden viereckige Rasenstücke, die man mit der grünen Seite abwärts gekehrt auf einander legt, und dann wohl zusammenschlägt. Sollte eine solche Vertiefung gar groß seyn, so führt man den Canal gar in Rinnen über eigens dazu erbaute Brücken. Stoßt man auf Anhöhen oder gar auf Berge, in die man das Bett für das Wasser nicht wohl einschneiden kann, so muß man sich entschließen, den Canal unterirdisch durch den Berg zu führen, ein Unternehmen, das meistens die Kräfte eines Einzelnen übersteiget.

89.

Die Bewegung des Wassers in Canälen und Flüssen hängt bei übrigens gleichen Umständen von dem Abhange des Bettes ab, und ist daher, wenn man von allen Hindernissen der Bewegung absieht, wie die eines schweren Körpers über eine schiefe Ebene zu beurtheilen. Man muß aber bei Beurtheilung der Wasserbewegung in Flußbetten nie vergessen, daß man es mit einem Körper zu thun hat, dessen Theile eine sehr große Beweglichkeit besitzen. Hierin liegt der Grund, daß nicht alle Theile eines Flusses, sogar in demselben Durchschnitte, dieselbe Geschwindigkeit haben, sondern daß sie nach der Breite und Tiefe des Bettes wechselt. Gewöhnlich ist die Geschwindigkeit des Wassers am Boden kleiner als nach oben zu, weil da die Hindernisse, z. B. die Adhäsion des Wassers an dem Boden, die Ungleichheit des Bettes, am größten sind; doch ist die größte Geschwindigkeit auch nicht an den obersten

Schichten, die mit der Luft in Berührung stehen, sich an derselben gleichsam reiben, und nicht selten durch widrige Winde aufgehalten werden, sondern in einiger Entfernung von denselben. So fand Wiebeking die größte Geschwindigkeit des Rheines 1—4 Fuß unter der Oberfläche.

Aus gleichen Gründen ist die Geschwindigkeit eines Flusses in derselben Tiefe nicht der ganzen Breite nach gleich groß; denn an den Ufern wirken wieder die Hindernisse am meisten, deßhalb ist auch da die Geschwindigkeit am kleinsten. Bei Flüssen mit geraden Ufern und gleicher Tiefe ist die größte Geschwindigkeit in der Mitte der ganzen Breite, bei gekrümmten Ufern immer dem hohlen Ufer am nächsten. Man bemerket den Ort der größten Geschwindigkeit oft schon mit freiem Auge, und heißt ihn den Stromstrich. Wenn daher von der Geschwindigkeit eines Flusses im Allgemeinen die Rede ist, so ist darunter die mittlere zu verstehen, d. i. diejenige, welche, wenn sie in allen Schichten vorhanden wäre, dieselbe Wassermenge durch einen Querschnitt liefern würde, als dieses bei der ungleichen Geschwindigkeit des Wassers der Fall ist. Im Rheine fand sie Wiebeking, bei einem Wasserstande von 8′ 2—5″, etwas unter der Oberfläche; die im Stromstriche fand er ihr fast gleich.

90.

Um die Geschwindigkeit des fließenden Wassers zu erforschen, hat man eine Menge Instrumente erfunden, z. B. den Stromquadranten, Pitots Röhre, Lorgna's Wasserhebel, Ximenes Wasserfahne, Brünings Tachometer, Woltmanns hydrometrischen Flügel, deren Einrichtung und Ge-

brauch leicht ersichtlich ist, wenn man sie vor sich hat, deren Beschreibung hier aber nicht ganz zweckmäßig seyn dürfte. Am leichtesten gelangt man zum Zwecke, wenn man einen Körper, der im Wasser schwimmt, z. B. eine Wachs- oder Korkkugel, zu einer windstillen Zeit in das Wasser wirft, und, nachdem es die Geschwindigkeit des Wassers erlangt hat, den Weg mißt, den sie in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Nimmt man nun an, daß die Bewegung des Wassers gleichförmig sey, so findet man die gesuchte Geschwindigkeit, wenn man den Raum durch die Zeit theilt. Hat z. B. diese Kugel in 10 Secunden 30 Fuß zurückgelegt, so kommen auf eine Secunde $\frac{30}{10} = 3$ Fuß, oder ihre Geschwindigkeit ist 3 Fuß. Es fällt in die Augen, daß die so gefundene Geschwindigkeit nicht immer die mittlere des ganzen Profils seyn wird, und daß man überhaupt dadurch nur die Geschwindigkeit an der Oberfläche findet. Man kann aber ohne großen Fehler die oberflächliche Geschwindigkeit im Stromstriche für die mittlere halten.

91.

Will man aus der gefundenen Geschwindigkeit die Wassermenge berechnen, welche in einer gewissen Zeit durch einen Querschnitt des Canals oder Flußbettes fließt, so muß die Größe des Querschnittes selbst bekannt seyn. Diese zu finden ist in den meisten Fällen sehr schwierig. Am leichtesten kommt man zum Zwecke, wenn man sich dazu eine Stromgegend wählt, wo das Bett nicht sehr uneben ist, und wo die Ufer ziemlich gerade und parallel laufen. Da mißt man in einer auf die Richtung des Stromes senkrechten Ebene das Querprofil AeB (Fig. 39), indem man nach der ganzen

Breite des Flusses an der Oberfläche AB, mittelst eines Senkbleies, in verschiedenen Entfernungen AC, CD, DE, EF, FB, die dazu gehörigen Tiefen Cc, Dd, Ee, Ff mißt, hierauf die Endpuncte AcdefB mit einander verbindet. So findet man den ganzen Flächeninhalt, der dann mit der mittleren Geschwindigkeit multiplicirt, die in einer Secunde durchfließende Wassermenge gibt. Betrüge z. B. dieser Querschnitt 200 Quadratfuß, und wäre die mittlere Geschwindigkeit 4 Fuß, so betrüge die Wassermenge, die in einer Secunde durch diesen Querschnitt geht, 800 Kubikfuß.

92.

So lange durch jeden Querschnitt des Flußbettes in derselben Zeit gleich viel Wasser fließt, wird der Fluß weder steigen noch fallen, sondern sich im Beharrungszustande befinden. So lange dieser Zustand vorhanden ist, muß durch den kleineren Querschnitt das Wasser schneller fließen, oder wo dieses wegen Hindernissen nicht seyn kann, sich ein größeres Bett zu machen suchen. Deßhalb bewirket jede Verengung des Flußbettes durch Brücken, Separationswerke und andere Bauten eine Vermehrung der Geschwindigkeit oder ein Steigen des Wassers; eben deßhalb fließen Ströme so ungemein schnell, wenn sie zwischen Bergen eingeklemmt werden, wie dieses am meisten beim Connecticut in Amerika der Fall ist, welcher von einer Breite von 400 Ellen auf 15 Fuß eingeengt wird, und dadurch eine so große Schnelligkeit erlangt, daß er Goldstücke mit sich fortreißt, und daß man mit aller Kraft kein Brecheisen ins Wasser stoßen kann.

Hieraus erklärt es sich auch, warum die Krümmungen (Serpentinen) eines Flusses so viel zu Ueberschwemmungen

beitragen. Diese vermindern nämlich die Geschwindigkeit des Wassers und verursachen ein Steigen desselben oberhalb der Serpentine und deßhalb ein Austreten aus dem Bette. Man hat Beispiele in Menge, daß Länder an Flüssen nur dadurch von dem Uebel jährlicher Ueberschwemmungen befreit werden konnten, daß man dem Flusse eine gerade Richtung gab, oder sogenannte Durchstiche veranstaltete. Die oben angeführte Wahrheit enthält auch den Schlüssel zur Erklärung der Erscheinung, daß Flüsse, die sich unter einem großen Winkel in einen anderen ergießen, mit häufigen Austreten aus ihrem Bette Schaden anrichten, dem man nicht anders abhelfen kann, als indem man die Einmündung unter einem spitzigeren Winkel veranstaltet. Denn, wenn z. B. AB (Fig. 40) der Hauptstrom ist, der von A nach B fließt, CD ein Fluß, der sich in ihn ergießt, so muß durch das Einströmen des Wassers die Geschwindigkeit des ersten, und die des zweiten vermindert werden, und dadurch ein Austreten erfolgen.

93.

Bekanntlich sind Flüsse gar selten in einem Beharrungszustande, besonders wenn sie von vielen Nebenflüssen Wasser erhalten, von denen bald der eine, bald der andere im Anschwellen begriffen ist. Wiewohl dieser Beharrungszustand unter allen Wasserhöhen Statt haben kann, so muß er doch beim niedrigsten Stande immer eintreten, weil da die Nebenflüsse das wenigste Wasser bringen, und eben deßhalb so leicht kein Anschwellen erfolgt.

94.

Sobald ein Fluß von oben durch irgend eine Veran-

lassung einen größeren Zufluß erhält, wird der Beharrungszustand aufgehoben; dort wo der größere Zufluß ist, tritt das Wasser aus, wenn das Bett nicht alles fassen kann, und vermehrt theils durch den verticalen Druck, theils durch das größere Bestreben fortzufließen, auch die Geschwindigkeit des unteren Wassers, wodurch häufig eine Veränderung der Wasserhöhe in demselben hervorgebracht wird. Deßhalb herrscht auch in vielen Gegenden die Meinung, das plötzliche Fallen des Wassers lasse ein eben so schnelles Steigen befürchten. Wegen der größeren Höhe des Wassers im oberen Theile fließt dasselbe über das andere her, und bewirkt so ein Anschwellen des ganzen Flusses, welches desto größer ist, je größer die zufließende Wassermasse, je geringer die mittlere Geschwindigkeit des Flusses im Beharrungszustande, je kürzer und seichter das Flußbett ist.

95.

Weil das Wasser in Flüssen und Canälen nur wegen der Neigung der Bahn weiter fließt, so muß ein Fluß überhaupt eine desto größere Geschwindigkeit haben, je größer sein Gefälle ist. Dieses bestätiget die Erfahrung durchaus, indem sie lehrt, daß Gebirgsflüsse mit großem Gefälle eine äußerst bedeutende Geschwindigkeit haben, wie dieses an der Etsch, Drau, Traun, Eisach, Enns der Fall ist. Ausnahmen gibt es nur da, wo das Flußbett durch steile Absätze unterbrochen ist, die einen Wasserfall verursachen, und deßhalb einen großen Theil der Geschwindigkeit aufheben, wie man dieses bei der Traun sehen kann, die nach dem bekannten Falle oberhalb Lambach viel langsamer fließt. Auch Wehren, die in Flüsse hineingebaut sind, und einen Aufstau und

Wirbel verursachen, bewirken eine ähnliche Verminderung der Geschwindigkeit.

96.

Wenn auch das Wasser in Flußbetten das mit einem Körper, der sich über eine schiefe Fläche bewegt, gemein hat, daß beider Geschwindigkeit von dem Neigungswinkel dieser Fläche abhängt, so würde man sich doch irren, wenn man glaubte, das Wasser müsse eben so wie ein fester Körper mit gleichförmig beschleunigter Bewegung fortschreiten. Die vielen Hindernisse, welche besonders in den Unebenheiten des Bodens liegen, lassen selten eine Vermehrung der Geschwindigkeit zu, und der Theil der Schwere, der das Wasser auf der schiefen Ebene beschleunigen sollte, muß verwendet werden, um diesen Hindernissen ein Gleichgewicht zu halten. Deßhalb bewegt sich das Wasser meist gleichförmig vorwärts.

Einige Vorrichtungen, welche durch Wasser bewegt werden.

97.

Durch zufließendes Wasser lassen sich die mannigfaltigsten Bewegungen hervorbringen. Vorzüglich glücklich war man in den Versuchen durch den Wasserdruck abwechselnd hin- und hergehende Bewegungen hervorzubringen; die sinnreichsten darunter sind Fig. 41, 42, 43, 44 abgebildet.

Fig. 41 stellt einen Mechanismus vor, der auf folgende Weise bewegt wird. Das von c in das Fach e fließende Wasser bewirkt durch seinen Druck, daß sich das ganze Gefäß um seine Axe dreht, und so lange sinkt, bis es durch die Stütze g aufgehalten wird. Während sich das Gefäß neiget,

fließt das Wasser aus dem Fache e heraus, hingegen füllt sich das andere Fach d. Sobald dieses voll ist, erfolgt wieder eine Drehung des Gefäßes, bis es die Stütze n aufhält. Dadurch kommt wieder e in seine erste Lage, und es kann das Spiel von Neuem beginnen. Die Bewegung des Wassergefäßes kann mittelst der Axe irgend einer Maschine mitgetheilt und mannigfaltig modificirt werden, durch Mittel, welche in der Folge vorkommen sollen.

Fig. 42 stellt eine andere Vorrichtung zu demselben Zwecke vor. Das von A kommende Wasser füllt das Faß B, dessen Boden eine Klappe hat, die an einem Stricke b befestiget ist, und durch einen aufwärts gerichteten Zug geöffnet werden kann, und macht es sinken. Sobald es so tief steht, daß der Strick b gespannt ist, so bewirkt der fernere Wasserdruck, daß sich die Bodenklappe öffnet, und das Wasser ausfließt. Ist dieses geschehen, so zieht das Gegengewicht E mittelst des Balkens F das Faß wieder in die Höhe, und da dadurch der erste Zustand wieder hergestellt ist, so beginnt auch die vorige Bewegung von Neuem.

Auf ähnliche Weise wird die Vorrichtung Fig. 43 in Bewegung gesetzt. A und A′ sind zwei Wasserbehälter, deren jeder eine Bodenklappe hat, B und B′ zwei Gefäße, die an dem Balken C befestiget sind, und auch am Boden eine Klappe e und e′ haben. Hat B den obersten Platz, so steht die Klappe in A offen, B füllt sich mit Wasser, und wird dadurch zum Sinken gebracht. Sobald es mit dem Stiele, der an der Klappe e haftet, auf den Boden aufstoßt, öffnet sich die Klappe, und das Wasser fließt aus. Während aber dieses vorgeht, füllt sich B′ mit Wasser, weil es durch das Sinken

von B hinaufsteigt, sinkt, nachdem es sich gefüllt hat und B ausgeleert ist, und hebt dadurch wieder B, und so fort.

Fig. 44 stellt noch einen anderen Mechanismus vor.

A ist ein Bach oder sonstiger Wasserbehälter, der zu beiden Seiten ein Schutzbret a und a′ hat, das mit B in Verbindung steht. C und C′ sind 2 Gefäße, denen da, wo sie an A anstehen, die Seitenwand fehlt. Hat C′ den obersten Platz, so steht a′ offen, C′ füllt sich mit Wasser, und wird dadurch hinabgedrückt. Sobald es unter E′ steht, fließt das Wasser aus, und während dieses geschieht, füllt sich wieder C, wie vorhin C′ u. s. w.

Einige Vorrichtungen zum Wasserheben.

98.

Auf den bisher erwähnten Gesetzen des Druckes und der Bewegung des Wassers beruhen auch einige Vorrichtungen, die man nicht selten anwendet, um das Wasser selbst zu heben. Diejenigen dieser Vorrichtungen, die hieher gehören, sind: das Paternosterwerk, die Schwammmaschine und Kastenkunst, nebst der Schaufelkunst.

Das Paternosterwerk (Püschelkunst) hat die Einrichtung, welche Fig. 45 zeigt. Ueber zwei Walzen A und B, die gegen die Mitte zu etwas dünner werden, und der Länge nach Vertiefungen haben, übrigens an einem verticalen Gerüste befestiget sind, geht ein Strick oder eine Kette ohne Ende, die so gespannt ist, daß sie sich, wenn eine der Walzen gedreht wird, auch mit beweget. An diesem Stricke sind in gleichen Entfernungen von einander Püscheln angebracht, d. i. lederne mit Haaren ausgestopfte kugelför-

mige oder ovale Körper; diese gehen durch eine Röhre CD, die mit einem Ende im Wasser steht, und am anderen Ende eine Ausgußöffnung hat. Wird nun die Walze A so gedreht, daß sich die Püscheln nach einander in die Röhre CD von unten hineinschieben, so nehmen sie eine Wassersäule mit sich, welche die Röhre CD ausfüllt, bis auf den Theil, welchen die darin enthaltenen Püscheln einnehmen.

Nimmt man statt der Püscheln Schwämme, die das Wasser einsaugen, und bringt oben eine Vorrichtung an, welche die obersten Schwämme ausdrückt, so erhält man dadurch Löschers Schwammmaschine. Hat man statt der Püschel Kästchen oder kleine Eimer, und statt der Walzen eine sechsseitige Welle, so schöpfen diejenigen von ihnen Wasser, die über die untere Stelle geführt werden, steigen damit gefüllt in die Höhe, gießen es da, wo sie über die obere Welle gehen, in einen Behälter oder in eine Rinne aus, und steigen leer auf der anderen Seite wieder herab. Die so eingerichtete Maschine heißt dann Kasten- oder Eimerwerk.

Die Schaufelkunst hat statt der Röhre, welche einen Theil des Püschelwerkes ausmacht, eine schiefliegende, viereckige Rinne, durch welche viereckige Breter, die an die Wände der Rinne ziemlich gut anschließen und an eine Kette ohne Ende befestiget sind, hinaufgezogen werden. Die Kette besteht meistens nur aus eisernen Stäben, die mit Gelenken an einander befestiget sind. Steht das untere Ende dieser Rinne im Wasser, so schiebt jedes Bretchen, das in die Rinne hineintritt, eine Wassersäule vor sich her, und führt sie bis zum obersten Ende der Rinne.

G. Druck der Luft.

99.

Die atmosphärische Luft ist jene feine durchsichtige Masse, welche unsere Erde rings umgibt, in der wir athmen und leben, die im bewegten Zustande als Wind die Segel der Schiffe schwellt, die Wogen des Meeres hebt, Staub und Sand, wohl auch Gebäude und Eichbäume fort reißt, die Windmühlflügel treibt, und durch ihren Druck und ihre Ausdehnsamkeit unzählige Wirkungen hervorbringt. Sie ist fast ganz farbenlos, erscheint uns nur in sehr großen Massen blau, und bildet jenes herrliche Gewölbe, das wir unter dem Namen Firmament kennen.

100.

Die atmosphärische Luft ist ein Körper, dessen Theile ungemein leicht beweglich sind, dabei ein beständiges Bestreben besitzen, sich von einander zu entfernen, ihren Rauminhalt zu vergrößern, sich auch zusammen drücken lassen, übrigens auch schwer sind, und ein Gewicht haben.

101.

Wenn man sich von der Schwere der atmosphärischen Luft überzeugen will, so nehme man eine gläserne hohle Kugel, die mit einem Hahne luftdicht verschlossen werden kann, und wäge sie ab. Nimmt man sie von der Wage weg, und ziehet durch Saugen mit dem Munde, oder viel besser mit einer Pumpe, wie sie in der Folge beschrieben werden soll, etwas Luft heraus, und schließt dann den Hahn, so wird man ihr Gewicht vermindert finden. Dieses könnte nicht seyn, wenn nicht die Luft ein Gewicht hätte.

102.

Die Schwere der Luft bewirkt einen Druck von oben nach unten, dieser pflanzt sich wie beim Wasser wegen der leichten Beweglichkeit der Theile nach allen Seiten fort, so daß jedes im Gleichgewichte befindliche Lufttheilchen nach allen Seiten gleich stark gedrückt wird. Man kann daher aus dem bekannten Drucke nach einer Seite auf den nach jeder anderen einen sicheren Schluß machen.

103.

Der Druck, den die Luft auf eine gegebene Fläche ausübet, hängt nothwendig von der Größe dieser Fläche, von ihrer Entfernung vom obersten Ende der Atmosphäre, und vom specifischen Gewichte der Luft ab. Wenn man daher diesen Druck berechnen wollte, so müßten diese Größen bekannt seyn; allein wir kennen die Höhe der Atmosphäre nicht so genau, als es eine solche Berechnung fordert, auch ist das specifische Gewicht der Luft nicht in allen Höhen gleich groß, sondern es nimmt nach oben zu immer ab. Daher läßt sich auf dem angegebenen Wege der Luftdruck nicht berechnen. Glücklicher Weise gibt es ein Instrument, in welchem eine Quecksilbersäule mit dem Luftdrucke im Gleichgewichte steht. Man kann daher statt der Höhe der drückenden Luftsäule die Höhe dieser Quecksilbersäule, und statt des specifischen Gewichtes der Luft das des Quecksilbers setzen. Das Instrument, von dem hier die Rede war, ist das allenthalben bekannte Barometer. Wäre die Barometerhöhe 28 Zoll $= 2\frac{1}{3}$ Fuß, die gedrückte Fläche 1 Quadratfuß und das specifische Gewicht des Quecksilbers $13\frac{6}{10}$, mithin ein Kubikfuß 768 Pf., so wäre der Druck auf diese Fläche $= 2\frac{1}{3} \times 768 = 1792$ Pf.

Wollte man berechnen, welchen Druck die Luft auf einen Menschen ausübet, so dürfte man nur seine Oberfläche mit 1792 Pf. multipliciren. Der Erfahrung gemäß beträgt die Oberfläche eines Menschen von mittlerer Größe 15 Quadratfuß, daher der Luftdruck auf ihn $15 \times 1792 = 26880$ Pf.

104.

Um mittelst des Barometers den Luftdruck und das, was damit im Zusammenhange steht, richtig bestimmen zu können, muß es richtig gebaut seyn. Die Röhre muß wenigstens 1 Linie weit, ganz rein, mit reinem Quecksilber gefüllt und mittelst Feuer von aller Luft gereiniget seyn; sobald man nur ein geringes Luftbläschen am Quecksilber bemerken kann, ist das Barometer schon unrichtig. Dasselbe findet Statt, wenn die Glasröhre spitzig zulauft, denn dann kann man nie alle Luft rein herausbringen, und ein Barometer der Art steht immer zu tief. Man erkennt leicht das Daseyn eines Luftbläschens im oberen Raume des Barometers, wenn man es neigt, so daß das Quecksilber die ganze Glasröhre einnehmen muß. In jedem von Luft wohl gereinigten Instrumente schlägt das Quecksilber mit einem so hellen Klange an das Glas, als wenn Metall an Metall stieße; ist daher dieser Schlag dumpf, so kann man mit Gewißheit auf das Daseyn von Luft schließen.

Ist das Barometer ein sogenanntes Gefäßbarometer, wie man gewöhnlich im gemeinen Leben als Wetterpropheten braucht, und in Fig. 46 abgebildet ist; so muß das Gefäß A wenigstens 10mahl weiter seyn als die Röhre, damit in demselben die Veränderungen des Quecksilberstandes so klein als möglich ausfallen.

105.

Auf dem Drucke der Luft beruhet eine Reihe der interessantesten und nützlichsten Vorrichtungen und Erscheinungen des bürgerlichen Lebens, wie z. B. die Wirkung der Spritzen, des gekrümmten Hebers, die Saug- und die Druckpumpen, die Feuerspritzen u. d. m.

106.

Wird eine Spritze, in welcher der Kolben bis auf den Boden des Cylinders hinabgedrückt wurde, mit einem Ende in Wasser getaucht, und dann der Kolben in die Höhe gezogen; so entsteht im Inneren des Cylinders ein luftleerer oder ein mit verdünnter Luft erfüllter Raum, und der Druck, den die äußere Luft auf das Wasser ausübet, bewirkt ein Aufsteigen des Wassers im Cylinder. Offenbar muß es bis zu einer Höhe steigen, bei der sein Druck sammt dem der verdünnten eingesperrten Luft dem Drucke der äußeren Luft das Gleichgewicht hält.

107.

Jede gekrümmte Röhre, wovon ein Schenkel länger ist, als der andere, stellt einen gekrümmten Heber vor. Füllt man einen solchen Heber mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit ganz an, und dreht ihn dann um, so fließt es ganz durch den längeren Arm ab. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß bei der Stellung des Hebers, wo die Oeffnungen abwärts gekehrt sind, vom Luftdrucke, der in beiden Schenkeln fast mit gleicher Stärke aufwärts wirkt, durch den Wasserdruck nach abwärts im längeren Schenkel ein größerer Theil aufgehoben wird, als im kürzeren. Daher ist der Rest dieses aufwärts gerichteten Luftdruckes im kürzeren Schenkel grö-

ßer als im längeren, und die Flüssigkeit muß deßhalb durch den längeren abfließen. Daß die Schenkel eines solchen Hebers nicht über 32 Fuß hoch seyn dürfen, versteht sich von selbst, weil eine so hohe Säule dem Luftdrucke schon das Gleichgewicht hält.

108.

Man benützt den Heber im gemeinen Leben häufig, um damit eine Flüssigkeit in ein anderes Gefäß über zu füllen. Man braucht ihn nur mit dem kurzen Arme in die Flüssigkeit zu tauchen, so wie Fig. 47 zeigt, und am längeren zu saugen. Dadurch wird die Luft im Heber verdünnt, und die Flüssigkeit steigt in ihm hinauf. So bald sich der Heber einmahl gefüllt hat, fließt die tropfbare Masse so lange durch den längeren Arm ab, als das kürzere Ende eingetaucht ist. Man kann sich das Geschäft des Saugens bedeutend erleichtern, wenn man dem Heber die Form Fig. 48 gibt, wo in A eine Oeffnung angebracht ist. Hält man diese zu, so kann man am Rohre B bequem saugen, und so den Heber füllen. Sobald dieses geschehen ist, öffnet man A, und der Ausfluß geschieht durch diese Oeffnung. Man hat auch Heber, die man nicht durch Saugen, sondern durch Hineinblasen füllen kann, ja auch solche, wo man, statt mit dem Munde, mit einem Blasbalge saugt. Bringt man einen solchen Heber in einem Becher so an, daß ein Arm desselben durch den Boden des Bechers geht, während der andere nahe am innern Boden aufhört, wie Fig. 49 zeigt, so hat man einen sogenannten Vexirbecher. Wird dieser nicht bis ab gefüllt, so hält er die Flüssigkeit; gießt man aber so viel nach, daß sie bis ab

reicht, so beginnt die Heberwirkung, und die ganze Flüssigkeit geht durch den Boden davon.

Einen solchen Vexirbecher stellt im Großen der Cirknitzersee in Krain dar, von dem man weiß, daß er bei starkem Regenwetter abzulaufen anfängt und ganz trocken wird, so daß man darin säen, ernten und jagen kann.

Eine sinnreiche Anwendung des Hebers wurde beim Canal von Languedoc veranstaltet. Dieser muß an einigen Stellen alles Wasser aufnehmen, das von den nahen Bergen herabläuft, ein Umstand, der leicht ein sehr gefährliches Ueberfließen verursachen könnte, wenn demselben nicht vorgebeugt würde. Deßhalb wurden große gemauerte Heber angebracht, deren höchster Punct da ist, wo das Wasser den höchsten Stand hat, den es erreichen darf. Steigt es nun höher, so beginnt die Heberwirkung, und es würde der ganze Canal ausgeleeret werden, wenn man nicht die Vorsicht gebraucht hätte, am kürzeren Schenkel in der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes eine Oeffnung anzubringen. Sobald das Wasser bis zu dieser Oeffnung gesunken ist, hört die Heberwirkung wieder auf.

109.

Ein Saugwerk ist bestimmt um Wasser durch Saugen auf eine bestimmte Höhe zu heben. Es besteht aus einem hohlen Cylinder AB (Fig. 50), an dessen einem Ende B eine kleine Röhre (Saugröhre) angesetzt ist, die bis in das zu hebende Wasser reichet, und zum Theile darin steht, Wo die beiden Röhren zusammengesetzt sind, hat der große Cylinder ein Ventil a, das sich von unten nach oben öffnet, und am oberen Ende eine Ausgußröhre. In diesem Cylinder

kann ein Kolben C durch irgend eine mechanische Vorrichtung auf und ab bewegt werden, der ebenfalls ein Ventil b hat, das sich von unten nach oben öffnet.

Aus diesem sieht man, daß durch das Aufziehen des Kolbens zwischen ihm und dem Bodenventile des Cylinders ein luftleerer, oder doch mit verdünnter Luft gefüllter Raum entsteht, in welchem durch den Druck der äußeren Luft das Wasser aufsteigt, nachdem es das Ventil geöffnet hat. Sinkt nun der Kolben wieder, so entsteht ein aufwärts gerichteter Druck auf das Ventil des Kolbens, der es öffnet, und das Wasser über dem Kolben zu stehen bringt. Bei fortgesetzter Arbeit wird dieses Wasser über dem Kolben so hoch steigen, daß es beim nächsten Hube durch die Ausgußröhre hervorfließt.

110.

Soll dieses gehörig vor sich gehen, so muß jedes Stück der Pumpe die nöthige Vollkommenheit besitzen. Je mehr Wasser man heben will, und je mehr Kraft einem zu Gebothe steht, desto weiter kann der Cylinder werden; je höher das Wasser steigen soll, desto länger muß er seyn; doch kann das Wasser nie über 32 Fuß gehoben werden, selbst wenn, wie es seyn soll, der Kolben beim tiefsten Stande den Boden ganz berührt, weil eine Wassersäule von 32 Fuß schon mit dem Drucke der Atmosphäre im Gleichgewichte steht. Der Spielraum des Kolbens, das ist, der ganze Kolbenhub, beträgt nie über 10 Fuß, ja bei den gewöhnlichen Handpumpen sogar nur $1\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{2}$ Fuß. Uebrigens ist leicht ersichtlich, daß die Wassermenge, die ein Werk in einer gewissen Zeit bei gleicher Weite des Cylinders liefert, desto größer seyn muß, je mehr die Höhe des Kolbenhubes beträgt, und je

schneller der Kolben spielt; jedoch gibt es bei jeder Pumpe eine gewisse Geschwindigkeit, die nicht ohne Verminderung des Effectes überschritten werden darf; denn wenn man den Kolben schneller senken wollte, als das Wasser durch die Ventile dringen kann, und wieder schneller heben, als das Wasser von unten zu folgen im Stande ist, so müßte der Ertrag der Maschine kleiner ausfallen.

111.

Eine besondere Aufmerksamkeit fordern die Ventile. Sie sind entweder Klappen- oder Kegel- oder Kugel- oder Muschelventile.

Ein Muschelventil stellt Fig. 51 dar. ABCD ist eine, meistens aus Metall verfertigte Hülse, die oben weiter als unten ist. E ist das eigentliche Ventil, das in die Oeffnung der Hülse paßt, unten an seiner Mitte einen Stift hat, der durch einen an der Hülse befestigten Steg geht, und durch einen Quernagel daselbst bei einer gewissen Höhe vom weiteren Aufsteigen zurückgehalten wird. Diese Ventile lassen das Wasser nicht frei durch, indem dasselbe bloß durch eine ringförmige Oeffnung aufsteigen kann, und selbst da nach schräger Richtung fortzugehen gezwungen ist. Ist E ein abgekürzter Kegel, so heißt das Ventil Kegelventil, welches dieselben Fehler, wie das vorige hat. Nicht mehr zu empfehlen ist das Kugelventil, welches sich vom vorigen dadurch unterscheidet, daß die Hülse sphärisch ausgehöhlt ist, und E eine ganze oder halbe Kugel vorstellt. Die besten Dienste leisten unstreitig Klappenventile, deren eines Fig. 52 vorstellt. Die Klappe ec wird meistens aus Leder gemacht, mittelst einer schweifförmigen Verlängerung in c

befestiget, und zwischen zwei Metallplatten durch Schrauben eingeschlossen. Diese Ventile haben nur den Fehler, daß sie häufiger Reparaturen bedürfen.

112.

Die Kolben sollen gut schließen, eine geringe Reibung an den Wänden erleiden, und dabei doch dauerhaft seyn. Man verfertiget sie bei gewöhnlichen Saugwerken aus Hagebuchen- oder Erlenholz, bei sogenannten hohen Sätzen, wo eine bedeutende Wassersäule über dem Kolben steht, aus Metall. In beiden Fällen bekommen sie die Form eines abgekürzten Kegels, in dessen Mitte das Klappenventil angebracht ist. Wo die Höhe des Kolbenzuges nicht über einen halben Fuß beträgt, kann man auch das Ventil an dem Umfange des Kolbens anbringen. In diesem Falle macht man ihn kleiner als es die Oeffnung des Stiefels erfordert, läßt ihn aus zwei Theilen bestehen, klemmt zwischen beide eine runde Lederscheibe, deren Durchmesser den des Stiefels etwas übertrifft, und die beim Hinabdrücken des Kolbens einen ledernen Beutel formirt, wie Fig. 53 zeigt.

113.

Eine Druckpumpe unterscheidet sich von einer Saugpumpe dadurch, daß der Kolben kein Ventil hat; dafür ist aber an der Seite des Stiefels (Fig. 54) eine Röhre AB (Gurgel) angesetzt, die sich so hoch erhebt, als das Wasser steigen soll, und mit dem Stiefel durch ein Ventil a in Verbindung steht, das sich von diesem nach der Gurgel zu öffnet.

114.

Sobald der Kolben gehoben wird, muß durch das Bodenventil b Wasser in den Stiefel eindringen, dieses kann

beim Herabdrücken desselben nur durch das Seitenventil a in die Steigröhre entweichen, und muß daselbst bei fortgesetztem Spielen des Kolbens so lange steigen, bis es an die Ausgußröhre gelangt. Je größer der Kolbenhub und je kleiner der Durchmesser der Steigröhre gegen den des Stiefels ist, desto höher steigt das Wasser bei jedem Drucke, und desto mehr Kraft braucht man, um den Kolben herabzudrücken, aber desto stärker muß alles gebaut seyn.

115.

Von den Ventilen der Druckwerke gilt alles das, was von den an Saugpumpen angebrachten gesagt wurde; nur der Kolben bedarf hier einer anderen Einrichtung, weil er kein Ventil hat. Man macht ihn gewöhnlich aus Leder, indem man mehrere Scheiben über einander legt, sie zwischen zwei Platten von Metall einschließt, und mittelst einer Schraube zusammenpreßt. Am einfachsten verfährt man, wenn man ihm die Form Fig. 55 gibt. ABCD ist ein hölzerner, mit weichem dünnen Leder umwundener Körper. Das Leder steht oben und unten ein Paar Zolle vor, und ist in der Mitte mittelst starker Schnüre befestiget. Die hervorstehenden Lederlappen werden durch das Wasser an die Wände fest angedrückt, und verschließen ihm den Durchgang, ohne eine starke Reibung hervorzubringen, bewirken auch selbst, wenn sie bedeutend abgenützet sind, noch einen guten Schluß.

116.

Aus dem bisher Erklärten sieht man wohl, daß sich mit einer einzigen Saug- oder Druckpumpe kein ununterbrochener Strom erreichen läßt. Um diesen, wenn auch nicht vollständig zu bewirken, muß man zwei oder mehrere Werke dieser

Art so zusammensetzen, daß bei einem der Kolben steigt, wenn er beim anderen sinkt, und umgekehrt. Will man Wasser auf eine größere Höhe bringen, als dieses mit einer Pumpe möglich ist, so muß man mehrere über einander stellen, und von der unteren stets der oberen Wasser zubringen lassen. In Bergwerken sind solche Werke, die man Wiederhohlungspumpen nennt, nicht selten.

117.

Zwei Druckwerke, deren Steigröhren das Wasser in einen Windkessel führen, übrigens trag- oder führbar sind, und das Wasser aus einer beweglichen Röhre oder einem biegsamen Schlauche hervorspringen machen, bilden die gewöhnliche Feuerspritze; wiewohl man auch hier und da noch welche antrifft, die keinen Windkessel haben, oder wo nur ein Druckwerk demselben Wasser zuführt. Der Bau des Windkessels ist in Fig. 56 besonders dargestellt. Er besteht aus einem luftdichten Gefäße, in welches eine Röhre AB fast bis auf den Boden reicht, und am anderen Ende in die Ausflußröhre übergeht.

118.

Der Zweck der Feuerspritze ist, brennende Körper zu löschen, d. i. sie mit einer Wasserschichte zu bedecken, mit Dämpfen zu umhüllen, und dadurch der Luft den Zutritt abzuschneiden, oder durch das Wasser ihnen so viel Wärme zu entreißen, daß der übrige Antheil nicht mehr hinreicht, sie brennend zu erhalten. Dieser Zweck wird am vollkommensten erreicht, wenn die Spritze einen ununterbrochenen und unzertheilten Wasserstrom seitwärts oder von unten auf die brennende Masse leitet. Ein von oben herabkommender Was-

serstrahl löscht selten gut, weil er oft schon in Dünste verwandelt wird, ehe er den brennenden Körper erreicht. Manchmahl facht er das Feuer erst recht an; denn wenn die Hitze schon sehr zugenommen hat, so wird das Wasser in seine Bestandtheile zersetzt, worunter sich einer befindet, der selbst brennt, während der andere das Brennen mächtig unterstützt. Da die Spritzen ohne Windkessel das Wasser nur stoßweise auswerfen, so sind sie nicht so brauchbar, als die mit einem Windkessel versehenen. Um den Strahl unzertheilt zu erhalten, müssen die Gußröhren und Mundstücke eine zweckmäßige Einrichtung haben, und alle Theile zu einander im gehörigen Verhältnisse stehen. Die Gußröhre macht man am besten cylindrisch mit durchbohrter Mündungsplatte. Bei einem Windkessel von 20 Zoll Höhe soll sein Durchmesser doppelt so groß seyn, als der des Stiefels. Nicht selten versieht man die Feuerspritzen auch noch mit einem Zubringer, der gewöhnlich aus einem Saugwerke besteht, welches in ledernen Schläuchen das Wasser aus einem nahen nicht zu tief liegenden Brunnen bringt und es in den Wasserkumm ausgießt.

119.

So lange der Luftdruck nach allen Seiten mit gleicher Stärke wirkt, kann er keine Bewegung hervorbringen; so wie er aber auf einer Seite vermindert wird, kann schon eine Bewegung nach der Seite entstehen, wo der Druck vermindert wurde. Diesen Grundsatz benützte Romershausen zur Construction einer Presse, bei welcher der Luftdruck dieselben Dienste leistet, wie bei Real's und Bramah's Presse der Wasserdruck. Denkt man sich in Real's Presse (Fig. 18) an CD eine Röhre statt des dortigen Trichters angesetzt, die mit

einer Pumpe in Communication steht, mittelst der man, wie mit einer Saugpumpe die Luft verdünnen kann, so wird man wohl begreifen, daß ein Verdünnen der Luft in dessen Röhre dieselbe Wirkung auf die im Cylinder ABCD enthaltene Masse hervorbringen wird, wie eine Wassersäule in der Röhre KH.

120.

Der aufwärts gerichtete Luftdruck muß offenbar ähnliche Erscheinungen hervorbringen, wie der Wasserdruck. Es muß daher auch ein Körper in der Luft so viel von seinem Gewichte verlieren, als die durch ihn verdrängte Luft wiegt, und jeder Körper, dessen specifisches Gewicht kleiner ist, als das der Luft, muß in ihr in die Höhe steigen. Auf diesen beruht eine sehr interessante Erscheinung, die besonders im verflossenen Jahrhunderte, wo sie das erstemahl gesehen wurde, sehr viel Aufsehen machte, nämlich das Aufsteigen der Luftbälle oder Aerostaten.

121.

Ein Luftball ist ein luftdichtes Gefäß, welches mit irgend einer ausdehnsamen Materie gefüllt, noch leichter ist als die atmosphärische Luft unter demselben Rauminhalte. Den ersten Versuch machten die Gebrüder Mongolfier zu Annonay den 5ten Juni 1783 mit einer papierenen Kugel von 35 Fuß im Durchmesser, die mit erwärmter Luft gefüllt wurde, und auf eine Höhe von 6000 Fuß stieg.

Heut zu Tage macht man die zur Luftschifffahrt bestimmten Ballons aus Taffet, der erst gehörig zugeschnitten, und dann mit einem Firnisse überstrichen wird, welcher aus Leinöhl und Vogelleim zusammengekocht und mit Terpentin ver-

dünnt ist. Diese stark zusammen genähten Stücke werden abermahl mit demselben Firnisse überzogen. Man füllt den Ballon mit einer Luftart, die vielmahl leichter ist, als die atmosphärische Luft, und am leichtesten aus verdünnter Schwefelsäure und Eisenfeile bereitet wird. Will jemand mitfahren, so versieht man den Ballon mit einem Kahne, der an starken Schnüren hängt, und mit einer Klappe, durch die man Luft herauslassen, sich dadurch senken, wohl auch dem Zerspringen des Ballons, das in der höheren und dünneren Luft zu besorgen wäre, vorbeugen kann. Es ist klar, daß ein Ballon nicht eher steigt, als bis er einen Umfang hat, bei dem das Gewicht der verdrängten Luft das des Ballons sammt Zugehör übertrifft. Deßhalb steigt nicht jeder Ballon, von jeder Größe und von jedem Materiale. Der kleinste Ballon aus Taffet muß, wenn er steigen soll und kugelförmig ist, 3 Fuß 4 Lin. im Durchmesser haben; von Postpapier reicht eine Größe von 9 Zoll 2 Lin. hin. Zu Versuchen im Kleinen taugen Bälle aus Goldschlägerhäutchen am besten, weil sie die Luft gut halten, und schon bei einer Größe von 6 Zoll im Durchmesser steigen. Indeß kann man den größten Ballon nicht ins unendliche steigen machen, weil er immer in dünnere Luftschichten kommt, je mehr er sich erhebt; er muß deßhalb bald eine erreichen, in welcher sein Gewichtsverlust seinem Gewichte gleich kommt. Da bleibt er dann schweben, und wird nur vom Winde fortgetrieben. Die größte Höhe, welche ein Luftballon je erreichte, beträgt 22196 W. Fuß.

Zweites Kapitel.

Ausdehnsamkeit.

A. Ausdehnsamkeit der Luft.

122.

Von der Ausdehnsamkeit der Luft, oder ihrem Bestreben den Rauminhalt zu erweitern, überzeugt man sich auf mannigfaltige Art. Bindet man eine mit Luft gefüllte Blase wohl zu, so kann man sie zusammendrücken; sobald aber die drückende Kraft nachläßt, dehnt sie sich wieder zu ihrer vorigen Größe aus. Läßt man einen Theil Luft heraus, so wird dadurch kein Theil der Blase luftleer, sondern sie erfüllt, wiewohl mit geringerer Dichte, die ganze Blase. Dasselbe bemerkt man, wenn man ein Gefäß, z. B. ein Weinglas mit der Oeffnung nach unten gekehrt in Wasser tauchet. Die darin enthaltene Luft wird desto mehr zusammengedrückt werden, und dem Wasser Platz machen, je tiefer das Glas eingetaucht wird, aber beim Herausziehen desselben wieder den vorigen Raum einnehmen. Daß das Wasser nicht das ganze Gefäß ausfülle, dieses verhüthet die Undurchdringlichkeit, vermöge welcher nie zwei Körper zugleich denselben Raum einnehmen können. Was ein solches Gefäß im Kleinen, dasselbe ist die Taucherglocke im Großen. Letztere ist nämlich ein glockenförmiges Gefäß, meistens mit metallenen Wänden, und von einer solchen Größe, daß wenigstens ein Mensch sammt der zum Athmen auf einige Zeit nöthigen Luft darin Platz hat. Man braucht sie, um allerlei Sachen vom Meeresgrunde herauf zu hohlen, oder daselbst Bauten zu errichten. Der be-

rühmte Halley verweilte mit noch vier andern Personen in einer solchen Glocke, die 8 Fuß hoch, oben 3 Fuß, unten 5 Fuß weit war, eine halbe Stunde auf dem Meeresgrunde. Doch kann man sich mittelst dieser Vorrichtung nicht zu jeder Tiefe hinablassen, weil in der durch den Druck des Wassers zu sehr verdichteten Luft das Athmen zu sehr erschwert wird.

123.

Die Ausdehnsamkeit der Luft ist nicht immer gleich groß, sondern ändert sich mit ihrer Wärme und Dichte. Je dichter und je wärmer sie ist, desto größer ist auch ihre Ausdehnsamkeit. Vom ersteren überzeugt man sich dadurch, daß eine Blase desto mehr gespannt wird, je mehr Luft man hineinbläst, ja daß sie dadurch sogar zersprengt werden kann; vom zweiten aber, indem man eine mit Luft gefüllte zugebundene, aber übrigens schlappe Blase über Kohlenfeuer hält, wobei man bemerkt, daß sie anschwillt und so sehr strotzet, daß bei gar großer Erhitzung das Zerspringen der Blase zu befürchten ist.

124.

Auf der Vermehrung der Ausdehnsamkeit der Luft durch Verdichtung beruhen eine Menge nützlicher Vorrichtungen, z. B. der Heronsball, der Heronsbrunnen, der schwimmende Springbrunnen, die Wirkung der Windbüchsen, alle Arten Gebläse, die gemeine und die Compressionspumpe.

125.

Heronsball ist dasselbe, welches früher Windkessel genannt wurde, nämlich ein Gefäß, dessen Inneres mit der äußeren Luft nur mittelst einer engen, fast bis auf den Boden reichenden Röhre in Verbindung steht. Wird dieses auf ir-

gend eine Art mit Wasser gefüllt, und die ober ihm befindliche Luft verdichtet, so muß das Wasser durch die Röhre herausspringen.

Denkt man sich einen Heronsball unten offen, wie Fig. 57 zeigt, etwas specifisch leichter als Wasser, und so eingerichtet, daß er auf demselben mit vertical stehender Röhre ab schwimmt; so wird das Wasser hervorspringen, weil durch das Gewicht des Gefäßes die in demselben enthaltene Luft verdichtet wird, und es stellt einen schwimmenden Springbrunnen vor.

126.

Den Heronsbrunnen stellt Fig. 59 dar. A und B sind zwei luftdichte Gefäße, die durch zwei Röhren ab und cd mit einander in Verbindung stehen; ab geht durch das ganze Gefäß A, und reicht im Gefäße B fast bis auf den Boden; cd fängt am oberen Boden von B an, und endet nahe am oberen Boden von A. Füllt man zuerst A bis auf eine beliebige Höhe mit Wasser, schließt es luftdicht und läßt auch durch ab etwas Flüssigkeit nach B gelangen, so wird dadurch die Luft aus B vertrieben, die Luft in A verdichtet, und daher das Herausspringen aus A durch ef bewirkt. Sammelt sich nun das herausspringende Wasser in dem schüsselförmigen Aufsatze des oberen Gefäßes, so wird es beständig durch ab nach B herabfließen, und das fernere Springen des Wassers durch ef so lange unterhalten, bis B mit Wasser und A mit Luft gefüllt ist. Der Sprung wird desto höher seyn, je weiter A und B von einander entfernt sind.

127.

Hell setzte Heronsbälle auf eine sehr sinnreiche Weise zu-

sammen, und benützte sie, um aus den Bergwerken zu Schemnitz in Ungarn das Wasser, welches sich daselbst ansammelte und dem Bergbaue hinderlich war, heraus zu heben. Die Fig. 58 gibt eine Abbildung dieser Vorrichtung. AB ist die Oberfläche des Wassers außerhalb der Gruben, das zum Betriebe der Maschine verwendet wird, C ist der Ort, wo sich das Wasser in dem Schachte ansammelt, D derjenige, wohin es geschafft werden soll, E und F sind zwei Gefäße von Metall. Das Druckwasser in AB steht durch die Röhre ab mit F in Communication, wenn der Hahn c offen ist, d und e sind Seitenröhren in F, sie können durch Hähne verschlossen werden, fg verbindet F und E, und hat auch in f einen Hahn. Das Gefäß E hat wieder zwei Seitenröhren h und i, wovon die letztere mit dem zu hebenden Wasser in C communicirt, wenn es der Hahn gestattet; kl verbindet E mit dem Ausgußorte des Wassers D.

Wenn die Maschine wirken soll, so öffnet man zuerst die Hähne i und h, während die übrigen verschlossen sind. Da dringt das Wasser von C nach E, die Luft entweicht aus E durch die Röhre h, und so kann sich E ganz mit Wasser füllen. Sobald dieses geschehen ist, schließt man die Hähne i und h, öffnet dafür c und f. Nun dringt das Druckwasser in das Gefäß F ein, und vertreibt daraus die Luft. Diese geht durch die Röhre fg nach E, drückt daselbst auf das Wasser, und verursachet dadurch ein Aufsteigen durch die Röhre kl, bis es sich in D ergießt. Dieses Ausfließen kann natürlich nur so lange dauern, als E Wasser und F Luft enthält. Sobald F mit Wasser gefüllt ist, schließt man die Hähne c und f, und öffnet dafür e und d. Durch e kann das Wasser aus F nach D

abfließen, und durch d kann sich F mit Luft füllen, so daß die Sache wieder vollkommen in den ersten Stand zurückkehrt. Wird hierauf wieder i und h geöffnet, und werden alle übrigen Hähne geschlossen, so beginnt die Wirkung der Maschine von Neuem.

Kann das bis D gehobene Wasser noch nicht frei abfließen, so kann man es durch eine ähnliche Vorrichtung bis dahin heben, wo es einen freien Abfluß gewinnt.

128.

Bei einer Windbüchse ersetzt die Gewalt der verdichteten Luft das Schießpulver. Ihr vorderer Theil, der den auszuschießenden Körper, z. B. eine Kugel, enthält, ist daher ganz dem bei unseren Feuergewehren ähnlich, der hintere aber (Kolben) hat eine metallene Flasche in sich, in welcher die Luft verdichtet und so eingeschlossen ist, daß nur ein Druck von außen nach innen das Ventil, welches die Flasche schließt, öffnet, und einen Theil davon herausläßt. Sobald dieser angebracht wird, so treibt der herausdringende Luftstrom die Kugel mit großer Gewalt vor sich her. Eine Kugel von $\frac{3}{8}$ Zoll Durchmesser, bekommt eine Geschwindigkeit von 640 F., wenn sie aus einem 4 F. langen Laufe der Windbüchse bei 100mahl verdichteter Luft ausgeschossen wird. Daß man die Luft nur bis auf einen gewissen Grad verdichten darf, wenn man nicht wegen Zerspringen der Flasche Gefahr laufen will, versteht sich von selbst. Die Verdichtung der Luft bewirkt man mit einer eigens eingerichteten Pumpe, die man Compressionspumpe nennt. Sie besteht 1. aus einem hohlen Cylinder AB (Fig. 60), der sich mit einem Ende an die Flasche der Windbüchse anschrauben läßt, gegen

das andere Ende aber seitwärts eine kleine Oeffnung C hat; 2. aus einem Kolben D, der luftdicht im Cylinder auf und ab bewegt werden kann. Zieht man diesen über die Seitenöffnung C hinauf, und tauchet ihn dann wieder bis an den Boden hinab; so wird die im Cylinder befindliche Luft in die angeschraubte Flasche hineingepreßt, und wieder durch die äußere ersetzt, sobald der Kolben wieder über die Seitenöffnung empor gehoben wird.

129.

Der gemeine Blasbalg (Fig. 61) besteht aus zwei Bretern, die durch eine lederne Hülle zu einem luftdichten Gefäße vereiniget sind. An ihrer schmalen Seite setzt eine Röhre, Deute oder Diese genannt, den inneren Raum mit dem äußeren in Communication, am unteren Brete ist eine Klappe angebracht, die sich von außen nach innen öffnet. Sobald nun die Breter durch irgend einen Mechanismus aus einander gezogen werden, wird die Luft im Balge verdünnt, die äußere dichtere, mithin auch ausdehnsamere, dringt durch die Klappe hinein, und muß beim Zusammendrücken des Balges durch die Deute entweichen. Man kann ihn auch so bauen, wie Fig. 62 zeigt. Da ist das Ventil am hinteren verticalen Boden angebracht, und öffnet und schließt sich, wenn man den Blasbalg verlängert oder verkürzt. Man sieht wohl ein, daß ein solcher Blasbalg keinen ununterbrochenen Luftstrom gibt, und nicht selten statt durch die Klappe, durch die Deute Luft aufnehmen wird. Deßhalb zieht man den zusammengesetzten Blasbalg vor. Dieser besteht aus drei Bretern, die durch Leder verbunden, zwei Gefäße bilden, welche das dritte Bret zur gemeinschaftlichen Wand haben, wie Fig. 63 zeigt. Die

Breter ab und cd haben Klappen, die sich nach innen öffnen, der Raum zwischen ef und cd communicirt mittelst der Deute mit dem äußeren. Indem man cd von ab entfernt, dringt durch die untere Klappe Luft ein, die beim Zusammendrücken durch die zweite Klappe in das obere Gefäß entweicht, und von da durch das Gewicht des oberen nicht selten eigens beschwerten Blattes ef durch die Deute hinausgetrieben wird.

Bedeutende Vorzüge vor diesem Blasbalge hat der von Fife angegebene, der sich von dem gewöhnlichen zusammengesetzten Balge dadurch unterscheidet, daß die untere Wand der Länge nach aus 2 Theilen besteht, deren jeder für sich ein mit Klappen versehenes Gefäß bildet, und die, indem sie wechselweise auf und ab bewegt werden, einen gleichförmigen Luftstrom bewirken. Nach Verhältniß des Bedarfes kann man auch nur eine Hälfte des Bodens in Bewegung setzen, und so nur den halben Blasbalg brauchen. Der untere Boden eines solchen Blasbalges sieht aus, wie Fig. 64 zeigt. AB ist die Zwischenwand, C und D sind die Ventile.

Ungeachtet dieser Vervollkommnung haben doch lederne Blasbälge, wenn sie ins Große ausgeführt werden, wie man sie bei Hüttenwerken braucht, manches Schwierige. Sie fordern wegen der großen Luftmasse, die sie zusammendrücken sollen, eine große Festigkeit des Leders, bekommen darum, wenn sie nicht immer sorgfältig mit Thran eingelassen werden, leicht Risse; deßhalb ist man oft gezwungen im Großen hölzerne Blasbälge anzuwenden.

130.

Diese bestehen aus zwei hölzernen luftdichten Kästen, von denen der obere über den unteren so geschoben werden

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Wagschale angebracht, auf die man Gegengewichte legen kann.

133.

Auf der Ausdehnsamkeit der Luft beruht auch die Luftpumpe (Fig. 67). Sie besteht aus einem metallenen oder gläsernen Cylinder A, in welchen ein Kolben B luftdicht paßt, der durch irgend einen Mechanismus auf und ab gezogen werden kann. An einem Ende hat der Cylinder einen glatten Boden, durch dessen Mitte eine enge Röhre ab geht, die sich in eine tellerförmige Platte C endet, auf welche das Gefäß (Recipient) zu stehen kommt, in welchem man die Luft verdünnen oder verdichten will. Gleich neben dem Boden des Cylinders ist die Röhre mit einem Hahne D versehen, der so durchbohrt ist, daß durch ihn zwischen der Luft im Cylinder und im Recipienten, oder der im Cylinder und der äußeren Communication hergestellt werden kann.

134.

Die Luftpumpe braucht man um die Luft in einem Gefäße zu verdünnen oder zu verdichten. Will man die Luft in einem Recipienten verdünnen, so setzt man ihn luftdicht auf den Teller, nachdem man den Kolben bis auf den Boden des Cylinders hinabgedrückt hat, wendet den Hahn so, daß zwischen dem Recipienten und Cylinder Communication ist, zieht den Kolben in die Höhe, dreht den Hahn, damit zwischen der äußeren Luft und der im Recipienten Communication Statt finde, und wiederhohlt dieses Verfahren so lange, bis man den gehörigen Grad der Verdünnung erreicht hat. Man sieht wohl auf den ersten Blick, daß man mittelst der Luftpumpe keinen luftleeren Raum erzeugen kann; man kann

aber auch die Verdünnung nicht ins Unendliche treiben, weil zwischen dem Kolben, wenn er auch den untersten Platz einnimmt, und dem Hahne immer etwas Luft zurückbleibt, die bei einem gewissen Grade der Verdünnung jeden ferneren Uebergang der Luft vom Recipienten in den Stiefel der Pumpe abhält.

Will man die Luft in einem Recipienten verdichten, so drückt man den Kolben bis auf den Boden des Cylinders herab, befestiget den Recipienten wohl und luftdicht auf dem Teller, dreht den Hahn so, daß von außen Luft in den Recipienten dringen kann, zieht den Kolben in die Höhe, bewegt den Hahn, um der Luft im Stiefel den Eintritt in den Recipienten zu gestatten, drückt dann den Kolben herab, und wiederhohlt dieses so lange, als es die Festigkeit des Recipienten gestattet, und die zwischen dem Boden des Cylinders und dem Hahne enthaltene Luft ein weiteres Verdichten zuläßt.

135.

Auf der vermehrten Ausdehnsamkeit der Luft durch den Druck beruht die sogenannte Spiralpumpe, eine Vorrichtung zum Wasserheben, welche im Jahre 1746 von Wirz, einem Zinngießer in Zürch, erfunden und ausgeführt wurde. Diese besteht in ihren wesentlichen Theilen aus einer Röhre, die sich schraubenförmig um eine horizontale Welle windet, an einem Ende eine trichterförmige Erweiterung (Horn) hat, mittelst der sie beim Drehen der Welle zugleich Luft und Wasser schöpfen kann, während das andere Ende mit einer verticalen Steigröhre verbunden ist, die beim Drehen der Welle in unverändeter Lage bleibt. Fig. 68 zeigt eine solche

Spiralpumpe. Wirz hat sie zwar ursprünglich nicht so eingerichtet, sondern die Windungen der Röhre in einerlei Ebene, wie die einer Uhrfeder veranstaltet; man hat aber obige Einrichtung für vortheilhafter erkannt.

136.

Um die Wirkung der Spiralpumpe einzusehen, denke man sich die Röhre (Fig. 69) von drei Windungen, und nehme an, daß sie um ihre gemeinschaftliche Axe gedreht werde, und dabei zugleich mittelst des Horns K Luft und Wasser schöpfe. So lange sich das Wasser nur in den Windungen AB, CD, EF befindet, wird es in jeder derselben gleich hoch stehen; tritt es endlich in die Steigröhre HI, so muß es durch das fortgesetzte Umdrehen daselbst zum Steigen kommen, weil es sonst nirgends ausweichen kann. Nun werden die Wassersäulen in den Schenkeln der Windungen nicht mehr gleich hoch seyn können, weil das Wasser in der Steigröhre auf das in den Windungen und auf die daselbst enthaltene Luft zurückwirkt, und jenes durch die Luft und das Wasser in den Windungen im Gleichgewichte erhalten werden muß. Die Luft in der letzten Windung FG wird nach einer Seite durch die Wassersäule in der Steigröhre, nach der entgegengesetzten durch die Wassersäule EF der nächsten Windung zusammengedrückt, woraus ein Druck entsteht, der dem Höhenunterschiede der beiden genannten Wassersäulen proportionirt ist. Die Luft in ED hat nur mehr eine Wassersäule zu tragen, welche der Säule in HI weniger den beiden Säulen in EF und CD gleich ist; mithin erleidet sie schon einen geringeren Druck, als die erstere. So nimmt der Druck beständig ab, wie sich die Windungen dem Horne nähern. Diese

Verschiedenheit des Druckes muß nothwendig bewirken, daß die Luft immer einen kleineren Raum einnimmt, je näher sie der Steigröhre kommt; dieses verursacht aber entweder eine Verminderung der Druckhöhen, oder ein Zurückfließen des Wassers in den Windungen, wenn man ihm nicht durch andere Mittel abhilft. Letzteres geschieht am zweckmäßigsten dadurch, daß man entweder eine cylindrische Röhre um einen Kegel wickelt, so daß die Windungen gegen das Horn zu immer größer werden, oder daß man die Windungen gleich groß macht, dafür aber der Röhre eine kegelförmige Gestalt gibt, so daß sie gegen die Steigröhre immer enger wird. In beiden Fällen ist aber die Zunahme der Größe der Windungen so wie die der Halbmesser der Röhre genau bestimmt, und keineswegs der Willkühr überlassen. Man erhöht die Brauchbarkeit einer solchen Pumpe um ein Bedeutendes, wenn man die letzte Windung nicht unmittelbar in die Steigröhre, sondern zuerst in einen Windkessel leitet, aus dessen Obertheil dann die Steigröhre hervorragt.

137.

Die Schlangen zu den Spiralpumpen macht man am besten aus Kupfer oder Blei, wohl auch aus hölzernen Röhren, versieht sie am Ende mit einem Horn, dessen Länge ungefähr $\frac{3}{4}$ einer Windung beträgt, und das sich hinreichend erweitert, damit hinlänglich viel Wasser und Luft aufgenommen werden kann. Zuviel kann von keinem aufgenommen werden, wohl aber zu wenig; doch vermindert der Mangel an hinlänglicher Luft die Steighöhe, der Mangel an Wasser die Wassermenge. Die Steigröhre macht man aus demselben Materiale wie die Schlange, und verbindet beide un-

mittelbar miteinander, indem man das Ende der Schlange um so viel zusammenzieht, daß es in die Steigröhre genau hineinpaßt. Damit beide gut schließen, müssen sie zuerst abgedreht und dann eingerieben werden. Zum noch besseren Schluße hat die Schlange einen hervorstehenden Rand ab, (Fig. 70) und darüber einen beweglichen Ring cd. Eben einen solchen aber größeren Rand ef hat die Steigröhre; zwischen beide Ränder werden lederne in Talg getränkte Scheiben gestellt, die Ränder gut zusammengedrückt und dann mittelst Schrauben, die durch den Ring ab und den Rand ef gehen, zusammengeschraubt.

138.

Die Spiralpumpe hat vor den gewöhnlichen Wasserhebzeugen den bedeutenden Vorzug, daß sie keines Kolbens und keines Ventils bedarf, daher alle Hindernisse der Bewegung und die Reparaturen, denen andere zusammengesetztere Maschinen zu demselben Zwecke unterworfen sind, in dieser Maschine wegfallen.

139.

Auf der Zunahme der Ausdehnsamkeit der Luft durch Wärme beruhen eine Menge Erscheinungen und Geräthschaften, wie z. B. der Lichterbrunnen. Dieser ist ein Heronsball, in welchem das Wasser durch die Wärme von außen angebrachter brennender Kerzen zum Springen gebracht wird. Auch das schnelle Erkalten unserer geheitzten Wohnzimmer kommt zum Theile von der verstärkten Ausdehnsamkeit der Luft durch die Wärme; denn sobald die Luft mittelst eines Ofens erwärmt wird, dehnt sie sich aus, und es muß ein Theil davon nach außen entweichen. Sobald aber die Erwärmung aufhört, und die Luft theils

durch die Berührung mit den Wänden, theils durch das öftere Oeffnen der Thüren u. s. w. nur etwas abgekühlt wird, zieht sie sich wieder zusammen, es dringt von außen kalte Luft ein, und beschleunigt die Erkältung.

140.

Da wärmere Luft wegen der größeren Ausdehnsamkeit auch specifisch leichter ist als kalte, so muß sie auch in dieser stets in die Höhe steigen. Wir sehen dieses am häufigsten in unseren Wohnzimmern und finden deßhalb immer, daß sich hohe Zimmer schwer heitzen lassen, und daß bei einer unerträglich großen Hitze an der Decke derselben doch in der Nähe des Fußbodens eine geringe Temperatur herrscht. Die Oefen, welche hier nach der Angabe des Professors Meißner gebaut werden, helfen dieser Ungemächlichkeit größtentheils ab, und verdienen daher alle Empfehlung.

Der Luftzug in Caminen und Windöfen, die Beförderung desselben durch lange Röhren und hohe Rauchfänge, die Möglichkeit durch Feuer die Luft zu reinigen und das unwillkommene Entstehen eines Windes bei Feuersbrünsten, beruht auf demselben Grunde.

B. Ausdehnsamkeit des Wasserdampfes.

141.

Jedermann weiß, daß das Wasser, welches man gehörig erhitzt, zu sieden anfängt und dabei in eine luftartige Masse, den Wasserdampf, verwandelt wird. Man kann diesen Dampf auch auffangen, und sich überzeugen, daß er sich, so lange er überhaupt ausdehnsam ist, wie jeder andere ausdehnsame Körper verhält, daß er aber wieder in tropfbares

Wasser verwandelt wird, so bald man ihn über eine gewisse Grenze abkühlt oder zusammendrückt.

142.

Um von den Eigenschaften der Dämpfe, so weit sie auf ihre Anwendbarkeit als bewegende Kraft einen Bezug haben, eine richtige Vorstellung zu bekommen, muß man ein Instrument kennen, das dient, um den Wärmegrad eines Körpers zu bestimmen und Thermometer genannt wird. Es besteht aus einer engen, durchaus gleich weiten gläsernen Röhre, die an einem Ende eine ihrer Weite angemessene Kugel (oder eine anders geformte Erweiterung) hat, am anderen Ende luftdicht verschlossen ist. Sowohl die Kugel als auch ein Theil der Röhre ist mit Quecksilber angefüllt, über diesem muß aber ein luftleerer Raum seyn. Diese Röhre ist an eine Scale befestiget, wenn letztere nicht gleich an der Röhre selbst verzeichnet ist, aus der man den Stand des Quecksilbers in der Röhre abnehmen kann. So wie das Quecksilber erwärmt wird, dehnt es sich aus, und die in der Röhre enthaltene Säule wird länger, während das Gegentheil erfolgt, wenn das Quecksilber erkältet wird.

An den bei uns gangbarsten Instrumenten, die man Reaumur'sche Thermometer nennt, entspricht die Länge der Quecksilbersäule, welche bis zum Nullpuncte reicht, einem Wärmegrade, bei dem das Eis aufthauet, die Länge der Säule, welche bis zum 80ten Grade reicht, der Temperatur des siedenden Wassers. Es gibt aber auch Thermometer, (Celsische oder Hunderttheilige), an welchen zwar der Aufthauungspunct, wie an den vorigen mit 0 bezeichnet ist, aber dem Siedpuncte entspricht die Zahl 100; wieder andere (Fahren-

heit'sche) haben beim Aufthauungspuncte 32, beim Siedpuncte 212. Es gibt auch Thermometer, die statt des Quecksilbers gefärbten Weingeist enthalten. In diesen, so wie in jenen heißt man die Grade über o Wärmegrade, die unter o Kältegrade.

Will man nun mittelst dieses Instrumentes den Wärmengrad eines Körpers, z. B. einer Flüssigkeit finden, so taucht man es hinein, und sieht zu, bis zu welchem Puncte der Scale die Quecksilbersäule reicht, nachdem sie einige Zeit ruhig stehen geblieben ist.

143.

Die Ausdehnsamkeit (Spannkraft) der Wasserdämpfe wird überhaupt durch die Länge einer Quecksilbersäule gemessen, die ihr das Gleichgewicht hält.

Auf diese Art hat man die Spannkraft bei sehr vielen Wärmegraden bestimmt, und sich überzeugt, daß die Ausdehnsamkeit derjenigen Dämpfe, welche aus offen dastehenden siedenden Wasser aufsteigen, durch die jedesmahlige Barometerhöhe gemessen wird, daß aber Dämpfe in verschlossenen Gefäßen eine desto größere Ausdehnsamkeit besitzen, je höher ihr Wärmegrad und je größer ihre Dichte ist, so daß man mittelst Dämpfen das festeste Gefäß zersprengen, und die größte Last bewegen kann, wenn sie nur hinlänglich erhitzt werden.

Ist die Spannkraft der Dämpfe gegeben, so kann man ihren Druck auf eine gegebene Fläche leicht berechnen. Man braucht nur diese Fläche mit der Quecksilbersäule, welche die Spannkraft ausdrückt, und mit dem specifischen Gewichte des Quecksilbers zu multipliciren. Aus Versuchen, die am

hiesigen k. k. polytechnischen Institute angestellt wurden, ergeben sich folgende Resultate:

Temperatur nach Reaumur	Spannkraft der Dämpfe	Druck auf einen Quadratzoll
80	$28\frac{78}{100}$ W. Zoll	$12\frac{6}{10}$ W. Pf.
84	$34\frac{17}{100}$ = =	$15\frac{1}{10}$ = =
88	$40\frac{34}{100}$ = =	$17\frac{8}{10}$ = =
92	$47\frac{39}{100}$ = =	$20\frac{9}{10}$ = =
96	$55\frac{52}{100}$ = =	$24\frac{5}{10}$ = =
100	$64\frac{56}{100}$ = =	$28\frac{5}{10}$ = =
104	$74\frac{48}{100}$ = =	$32\frac{9}{10}$ = =
108	$85\frac{83}{100}$ = =	$37\frac{9}{10}$ = =
112	$98\frac{42}{100}$ = =	$43\frac{5}{10}$ = =
116	$112\frac{50}{100}$ = =	$49\frac{7}{10}$ = =
120	$128\frac{65}{100}$ = =	$56\frac{9}{10}$ = =
124	$145\frac{12}{100}$ = =	$64\frac{2}{10}$ = =
128	$163\frac{91}{100}$ = =	$72\frac{4}{10}$ = =
132	$184\frac{60}{100}$ = =	$81\frac{7}{10}$ = =
136	$207\frac{21}{100}$ = =	$91\frac{7}{10}$ = =
140	$231\frac{15}{100}$ = =	$102\frac{3}{10}$ = =
144	$258\frac{71}{100}$ = =	$114\frac{4}{10}$ = =
148	$287\frac{80}{100}$ = =	$127\frac{3}{10}$ = =
152	$319\frac{2}{10}$ = =	$141\frac{2}{10}$ = =
156	$353\frac{2}{10}$ = =	$156\frac{3}{10}$ = =
160	$389\frac{8}{10}$ = =	$172\frac{4}{10}$ = =
164	$429\frac{2}{10}$ = =	$189\frac{9}{10}$ = =
168	$471\frac{5}{10}$ = =	$208\frac{6}{10}$ = =
172	$516\frac{5}{10}$ = =	$228\frac{5}{10}$ = =
176	565 = =	250 = =
180	$616\frac{7}{10}$ = =	$272\frac{8}{11}$ = =

144.

Auf der Ausdehnsamkeit der Wasserdämpfe beruhen die heut zu Tage so berühmten Dampfmaschinen, von denen man drei verschiedene Gattungen unterscheidet, nämlich: 1. Dampfmaschinen, mit einfacher Wirkung, 2. mit doppelter Wirkung 3. mit unmittelbarer Drehung.

Bei der ersten Gattung treiben meistens die Dämpfe durch ihre Ausdehnsamkeit den Kolben nach einer Richtung fort, und der Luftdruck, der nach der Zersetzung der Dämpfe wirksam wird, oder ein anderes Gewicht nach der anderen.

Bei der zweiten Gattung wird der Kolben aufwärts und abwärts durch die Ausdehnsamkeit der Dämpfe getrieben, wobei sie bald ober, bald unter den Kolben treten. Diese Dampfmaschinen sind selbst wieder von zweifacher Art, nämlich: Maschinen mit hohem oder mit gewöhnlichem Drucke. Bei ersteren werden Dämpfe angewendet, deren Ausdehnsamkeit die der Luft um sehr Vieles übertrifft, welche daher eine erstaunliche Bewegung hervorbringen. Bei letzteren haben die Dämpfe bloß eine etwas größere Spannkraft als die der atmosphärischen Luft. Bei der dritten Gattung drehen die Dämpfe ein Rad durch ihre Rückwirkung. Die heut zu Tage gebräuchlichsten Dampfmaschinen sind Maschinen mit doppelter Wirkung und hohem Drucke.

145.

Die erste Dampfmaschine brachte ein englischer Capitän, Nahmens Savery, im Jahre 1699 zu Stande; er soll sie aber aus den Schriften des Marquis von Worcester entlehnt haben. Fig. 71 stellt sie vor. A ist der Wasserkessel, in welchem der Dampf erzeugt wird, B ein Wassergefäß. Wenn der Hahn b offen und c verschlossen ist, so sammeln sich die Dämpfe in a; wird b verschlossen, damit keine neuen Dämpfe nachdringen können, und c geöffnet, so werden die in a durch die kältere äußere Luft abgekühlt, es entsteht ein luftleerer Raum daselbst, und das Wasser steigt durch den Druck der äußeren Luft von B aus und erfüllt a.

So bald dieses geschehen ist, schließt sich c, es öffnet sich b und d. Die Dämpfe wirken nun auf das Wasser in a und treiben es durch die Steigröhre e fort. Während in a die Dämpfe zersetzt werden, füllt sich a' mit Dämpfen, und während sich a vom Wasser entleert, geht in a' die Dampfzersetzung vor sich.

146.

Eine von dieser ganz verschiedene Dampfmaschine brachten im Jahre 1711 der Eisenhändler Newkomen und der Glaser Cawley zu Stande, deren Einrichtung im Wesentlichen darin besteht: Im Kessel A (Fig. 72) werden die Dämpfe erzeugt und durch die Röhre B in den Stiefel CD unter den Kolben EF geleitet, der durch das Uebergewicht der Balancirstange GB in die Höhe getrieben wird. So wie der Kolben hoch genug steht, schließt sich der Dampfhahn m, es öffnet sich der Hahn n und es spritzt kaltes Wasser bis an den Kolben in die Höhe, fällt wie ein Regen auf den Boden des Stiefels herab, und fließt wieder durch IK weg. Dadurch entsteht unter dem Kolben ein luftleerer Raum und der Druck der äußeren Luft drückt nun den Kolben herab. Mit dem Balancier werden zugleich die Hähne und eine Druckpumpe bewegt, die das Wasser zur Zersetzung der Dämpfe nach L führt.

147.

Den Unvollkommenheiten dieser sowohl, als einer anderen ebenfalls von Newkomen und Cawley angegebenen Dampfmaschine half der berühmte Watt durch sinnreiche Abänderungen ab. Eine Hauptverbesserung bestand darin, daß er die Dämpfe nicht im Stiefel selbst, sondern außerhalb

dessen in einem eigenen Behältnisse dem Condensator zersetzte, und dadurch den Stiefel nicht so sehr abkühlte, wie es bei den vorigen Dampfmaschinen geschehen mußte. Später baute Watt auch Maschinen mit doppelter Wirkung.

148.

Die erste von Watt 1770 ausgeführte Dampfmaschine hatte folgende Einrichtung. Aus dem Dampfkessel A (Fig. 73) geht der Dampf durch die Röhre B und den offenen Hahn C in den Stiefel über den Kolben D, und drückt ihn, weil der Raum geschlossen ist und selbst die Kolbenstange E durch den Deckel des Stiefels FG luftdicht geht, hinab. Sobald er genug gesunken ist, schließt sich der Hahn C, es öffnet sich dafür der Hahn C′ und gestattet den Dämpfen einen Ausgang durch die Röhre HI, die zugleich mit dem Raume des Stiefels unter dem Kolben in Communication steht. Es kann sich daher der Dampf über und unter dem Stiefel gleichförmig verbreiten, und der Kolben kann durch sein Gegengewicht wieder steigen. Sobald er seinen obersten Punct erreicht hat, und wieder der Dampf, der von B kommt, auf ihn wirken kann, öffnet sich die Klappe, welche in der Röhre ab angebracht ist, und zwischen dem Wassergefäße K und der Röhre HI Gemeinschaft unterhält, es dringt Wasser nach HI und zersetzt den Dampf; deßhalb kann der Kolben durch die Wirkung der über ihm befindlichen Dämpfe neuerdings sinken und so den Kolben und alles, was mit ihm in Verbindung steht, fortwährend auf- und ab bewegen. Um das Wasser, welches in HI eindrang, nebst der Luft, die sich aus demselben entwickelt hat, zu entfernen, dazu dienen die Pumpen L und M, die mit dem Balancier PP′ in

Verbindung stehen, und zugleich mit dem Kolben D bewegt werden.

149.

Die Watt'sche Dampfmaschine mit doppelter Wirkung wird durch die Zeichnung 74 vorgestellt; c ist der Dampfkessel, n der Canal, durch den der Dampf in den Stiefel a kommt, b der Kolben, der sich im Stiefel abwärts bewegt, wenn die Dämpfe über ihn durch k eindringen, hingegen steigt, wenn sie unter ihm sich anhäufen und durch i kommen. Wenn der Kolben steigt, entweichen die oberen Dämpfe durch eine eigene Röhre in den Condensator und werden dort zersetzt; wenn er sinket, gehen die Dämpfe unter ihm in den Condensator und erleiden dieselbe Veränderung; d ist der für den Condensator nöthige Wasserbehälter, welcher durch die Pumpe p mit Wasser versehen wird, während das durch die Zersetzung der Dämpfe erwärmte Wasser durch die Pumpe g weggeschafft wird. Ein Theil dieses Wassers kommt in den Dampfkessel, der übrige Theil fließt ab; e ist der Condensator. Er hat, wie die vorige Maschine, eine kleine gekrümmte Röhre, die mit d communicirt und einen Wasserstrahl nach e führt. Die Stange f steht mit dem Balken m in Verbindung und bewegt den Mechanismus l, mittelst welchen die Klappe geöffnet und geschlossen wird, durch welche der Dampf in den Stiefel aus und eingeht. g ist die Kolbenstange, hh' der große Balancier, hv ist eine bewegliche Krücke, die mit dem Schwungrade und den Zahnrädern in Verbindung steht.

150.

Ein recht gut gearbeitetes Modell einer Dampfmaschine

mit doppelter Wirkung, welches das hiesige Museum besitzt, und vom Mechanikus Huck gearbeitet ist, hat folgende Einrichtung. Der Dampfcylinder besteht gleichsam aus 2 hohlen Röhren, die concentrisch in einander stecken; im inwendigen kleineren bewegt sich der Kolben, im Raume zwischen dem innern und äußern haben die Dämpfe ihren Weg. Er hat eine horizontale Lage, und befindet sich größtentheils im Dampfkessel. Gegen das hervorragende Ende hat er eine Seitenröhre, die in einen Wasserbehälter führt und die Dämpfe dahin leitet. In demselben Wasserbehälter befindet sich eine Druckpumpe, welche das durch Abkühlung der Dämpfe erwärmte Wasser in den Dampfkessel zurückführt. Um die Dämpfe nach Erforderniß vor und hinter den Kolben leiten zu können, ist ein Hahn angebracht, der so gebohrt ist, wie der Fig. 27 abgebildete. Um den Wechsel dieses Hahnes und den Weg der Dämpfe deutlicher zu erkennen, stellt Fig. 75 einen Durchschnitt des Dampfcylinders vor. A ist der Kolben, B der Dampfhahn; der durch die starken Linien bezeichnete Raum ist der Weg, den die Dämpfe nehmen, wenn der Kolben fast auf den Boden des Cylinders hineingeschoben ist. Die Dämpfe kommen nämlich in a aus dem Kessel, nehmen den verzeichneten Weg und gelangen in b vor den Kolben und drücken ihn heraus; dabei können die hinter dem Kolben befindlichen Dämpfe und die Luft durch cd entweichen, und werden in den Condensator geführt. So wie aber der Kolben hinreichend hinaus gedrückt worden ist, wird durch die Kolbenstange und eine eigene damit in Verbindung stehende Vorrichtung der Dampfhahn gedreht, so daß Communicationen hergestellt werden, wie sie Fig. 76 darstellt.

Die Dämpfe gehen von a nach c und drücken den Kolben hinein, während die vor ihm befindlichen durch bd in den Condensator geführt werden. Wenn der Kolben hineingedrückt ist, stellt sich die vorige Lage des Dampfhahnes wieder her, und das Spiel des Kolbens kann fortdauern.

151.

Richard Trevitthick hat den Dampfmaschinen dadurch eine neue Einrichtung gegeben, daß er Dampf anwendete mit einer Ausdehnsamkeit von 6 bis 8 Atmosphären, d. i. von 168 — 204 Zoll. Er konnte da den Condensator ganz weglassen, viel kleinere Dampfcylinder anwenden, und so das Gewicht der Maschine bedeutend verringern.

Er unternahm dieses vorzüglich, um mittelst Dampfmaschinen Wägen bewegen zu können, welches bei der vorigen Einrichtung derselben deßhalb nicht wohl anging, weil die Dampfmaschine, welche z. B. 4 Pferde ersetzen sollte, schon ein so großes Gewicht hatte, daß sie kaum 4 Pferde fortzuziehen vermochten. Mit Dampfmaschinen von so hohem Drucke läßt sich die Sache recht wohl ausführen, und es sind jetzt viele solche im Gebrauche, um Wägen fort zu rollen. Eine so von Blenkinsop zur Bewegung eines Wagens eingerichtete, transportirt Kohlenwägen von Middleton, die mittelst Ketten an einander hängen, in 10 Minuten eine Lieu weit, und geht, wenn sie ihre Last an Ort und Stelle gebracht hat, wieder zurück, ohne daß man sie umzuwenden brauchte. Auch zur Bewegung der Schiffe werden sie benützt, indem durch die Dampfmaschinen Wasserräder, wie bei einer Mühle, in Bewegung gesetzt wer-

den, die ein Schiff selbst bei einem widrigen Winde sehr schnell fortschaffen.

152.

Man hat auch Dampfmaschinen, wo ein Rad unmittelbar durch die Dämpfe herumgetrieben wird. Da wirken die Dämpfe durch den Seitendruck, und es beruht eine solche Maschine auf demselben Grundsatze, wie das Segner'sche Rad.

153.

Aus dem Vorhergehenden sieht man, daß der Dampfkessel, der Stiefel, der Kolben, die Hähne und der Condensator die Hauptbestandtheile einer Dampfmaschine sind, und daß man beim Bau einer solchen Maschine auf diese Theile sein vorzügliches Augenmerk richten muß.

Die Dampfkessel macht man gewöhnlich aus Kupfer oder Eisen und umgibt sie mit einer Ziegelmauer, damit die Wärme besser zusammen gehalten werde. Maschinen, die beständig arbeiten sollen, müssen mit 2 Kesseln versehen seyn, damit keine Unterbrechung eintritt, wenn einer derselben verbessert oder gereinigt werden muß. Ihre Gestalt ist so beschaffen, daß ein horizontaler Durchschnitt einen Kreis oder ein Parallelogramm gibt. Im letzteren Falle leitet man nicht selten eine Röhre durch den ganzen Kessel der Länge nach, und läßt sie von der Flamme durchstreichen, damit das Wasser recht gleichförmig erwärmt werde; aber selbst die von der ersteren Form müssen von außen mit einem Canal umgeben werden, der einerseits mit dem Herde, andererseits mit dem Camine in Verbindung steht, und die Flamme rings um den Kessel leitet. Auch macht man sie meistens am unteren Boden gewölbt, wie Fig. 77 zeigt.

Wie ein solcher Kessel auch immer beschaffen seyn mag, so muß er doch immer mit allerhand Röhren versehen seyn, die ihm theils Wasser zuführen, die Dämpfe wegleiten, theils den Wasserstand und die Spannkraft der Dämpfe zu jeder Zeit erkennen lassen, zum Ausleeren des Kessels und zur Sicherheit dienen. A (Fig. 77) ist eine solche Röhre, die mit einem Hahne verschlossen ist, und dazu dient, das Wasser abzulassen und den Kessel auszuleeren. Durch B gelangen die Dämpfe in den Stiefel oder Dampfcylinder, C führt dem Kessel das Wasser zu, reicht fast bis auf den Boden und steht außerhalb mit dem Wasserbehälter in Verbindung. Ihre Länge außerhalb des Kessels muß desto größer seyn, je mehr Ausdehnsamkeit die Dämpfe im Kessel zum Betrieb der Maschine haben müssen. mm′ zeigt den Wasserstand im Kessel, wenn das verticale Stück von Glas ist; nn′ gibt die Spannkraft der Dämpfe an, wenn es zum Theil mit Quecksilber gefüllt ist. D ist ein Kegelventil, das die Dämpfe öffnen müssen, wenn ihre Spannkraft einen großen Grad, der gefährlich werden könnte, erstiegen hat; es heißt deßhalb auch Sicherheitsventil, und ist meistens mit Gewichten beschwert.

154.

Der Dampfcylinder wird meistens aus Gußeisen verfertiget und richtet sich in seiner inneren Weite nach der Spannkraft, die der Dampf haben muß, nach der zu bewegenden Last und den vorkommenden Hindernissen der Bewegung. Der untere innere Theil des Cylinders soll immer mit einer kleinen Vertiefung versehen seyn, in welcher sich das Wasser sammeln kann, das aus den Dämpfen durch die Abkühlung an den Wänden entsteht, und aus welcher es zugleich mit

den austretenden Dämpfen in den Condensator kommen kann. Eine vorzügliche Aufmerksamkeit verdient der Deckel des Cylinders, durch welchen die Kolbenstange geht. Dieser soll dem Kolben eine freie Bewegung gestatten und doch dabei keine Dämpfe entweichen lassen, zwei Eigenschaften, die schwer zu vereinigen sind. Deßhalb hat ein Engländer Namens Robertson zwei Dampfcylinder von verschiedener Größe mit einander verbunden, die aber gemeinschaftlich auf denselben Zweck hinwirken, und die Dämpfe, welche durch den Deckel des größeren entweichen, in den kleineren geleitet, um seinen Kolben zu bewegen. Auf ähnliche Weise verbindet auch Wolf bei seinen Dampfmaschinen zwei Cylinder mit einander, damit ja die Expansivkraft der Dämpfe möglichst benützt werde. Fig. 78 macht die Einrichtung solcher Cylinder deutlich. A und B sind zwei Cylinder mit ihren Kolben, durch die Röhre ab und cd wird der obere Theil von A mit dem unteren von B, und der untere von A mit dem oberen von B verbunden. e und f führen die Dämpfe vom Dampfkessel nach A, g und h leiten sie in den Condensator. Wenn die Dämpfe durch e und f nach A kommen, und ab und g verschlossen, hingegen cd und h offen sind, so drücken sie die Kolben von A und von B herab. Sobald sie den untersten Platz erreicht haben, schließen sich cd und h, und es öffnen sich ab und g. Dadurch kann der Dampf, der schon früher den Kolben A herabdrückte, mit dem Reste seiner Ausdehnsamkeit auf den Kolben von B wirken, ihn heben, und erst dann in den Condensator entweichen. Um das Abkühlen der Dämpfe an den Wänden zu verhüten, umgibt man den Cylinder mit einer Hülle von Holz oder von einem anderen Stoffe, der die

Wärme schwer durchläßt, und gestattet, daß in den Raum zwischen der Hülle und dem Dampfcylinder auch Dampf eindringt, auf welchen die äußere Erkältung eher wirken muß, als sie auf den inneren einen Einfluß äußern kann. Um die Abkühlung durch den Deckel zu vermeiden, bringen die Engländer über demselben ein kleines Gefäß an, das mit der Röhre communicirt, die dem Cylinder die Dämpfe zuführt. Dadurch bleibt dieses Gefäß, welches man in England Dampfbüchse (steam-box) nennt, stets mit Dämpfen erfüllt, und der erkältende Einfluß der äußeren Luft auf die Dämpfe im Cylinder wird so vermindert. Durch diese Dampfbüchse wird zugleich das Austreten des Dampfes aus dem Cylinder verhindert, besonders, wenn man sie beständig mit etwas Oehl versehen erhält.

155.

Der Kolben soll sich luftdicht an den Wänden des Cylinders bewegen und doch dabei keine zu starke Reibung verursachen. Deßhalb sind die Kolben in vielen Dampfmaschinen so eingerichtet, daß über denselben mehrere Reihen kupferner Scheibensegmente liegen, die genau dem inneren Umfange des Cylinders entsprechen, durch Federn an die Wände des Cylinders angedrückt werden, und so gelegt sind, daß durch die nachfolgende Reihe immer die Theile gedeckt werden, wo die vorhergehenden an einander stoßen, wie Fig. 79 zeigt. Daß Kolben und Cylinder stets mit Oehl schlüpfrig erhalten werden müssen, versteht sich von selbst; allein die Dämpfe verzehren die Fettmasse bald, die man dazu anwendet. Deßhalb hat Wolf bei Maschinen mit hohem Drucke den Dampf mittelst einer Säule von Oehl auf den Kolben wirken lassen. Zu

diesem Zwecke ist der Dampfcylinder (Fig. 80) mit einem weiteren B umgeben, der mit ihm in Communication steht, und das Oehl enthält. So wie der Dampf auf aa drückt, wirkt die Oehlsäule auf bb und hebt den Kolben. So bleibt die Wand stets schlüpfrig und es kann auch kein Dampf entweichen.

156.

Um den Effect einer Dampfmaschine berechnen zu können, muß man wissen 1. die Fläche des Kolbens, auf welche die Dämpfe wirken. 2. die Spannkraft dieser Dämpfe und 3. die Spannkraft derjenigen Dämpfe, die im Condensator zurückbleiben und der Bewegung des Kolbens hinderlich sind. 4. Die Geschwindigkeit des Kolbens. Die Art dieser Berechnung bei einer Maschine mit doppelter Wirkung wird man am besten aus einem Beispiele ersehen: Es sey der Barometerstand im Freien 28 Zoll, die Spannkraft der wirksamen Dämpfe übersteige diesen Stand um 26 Zoll, so drücken die Dämpfe auf den Kolben mit einer Kraft von $28 + 26 = 54$ Zoll. Haben nun die im Condensator verdichteten und zurückwirkenden Dämpfe eine Spannkraft von 20 Zoll, so bleiben von dem Gegendrucke der Luft auf den Kolben nur mehr $28 - 20 = 8$ Zoll übrig. Es wird daher jeder Quadratzoll des Kolbens mit einer Kraft gedrückt, die dem Drucke einer Quecksilbersäule gleich kommt, deren Basis 1 Zoll, deren Höhe $54 - 8 = 46$ Zoll ist. Da nun ein Kubikzoll Quecksilber $\frac{44}{100}$ Pf. wiegt, so ist diese Kraft für einen Quadratzoll $= 46 \times \frac{44}{100} = 20 \frac{24}{100}$ Pf. Kennt man nun noch die Fläche des Kolbens, auf welche die Dämpfe wirken, so kennt man auch den gesammten Druck, den sie darauf

ausüben; ist noch dazu die Geschwindigkeit des Kolbens bekannt, so ist man im Stande, die Kraft dieser Maschine mit jeder anderen Kraft nach 8 zu vergleichen.

157.

Es ist Sitte, die Kraft der Dampfmaschinen nach der Anzahl der Pferde zu schätzen, denen sie an Kraft gleich kommen. Diese Art der Vergleichung entstand daher, weil in England, als dem eigentlichen Vaterlande der Dampfmaschinen, in früheren Zeiten Pferde dieselben Dienste leisteten, welche jetzt von Dampfmaschinen verrichtet werden. Man hat Dampfmaschinen von der Kraft eines Pferdes bis zu 100 und 1000. Die größte Dampfmaschine befindet sich in den Minen von Kornwallis. Sie hat die Kraft von 1010 Pferden, und schöpft das Wasser aus einer Tiefe von 550 Fuß.

158.

Nach der Arbeit, welche eine Dampfmaschine verrichten soll, richtet sich ihre Größe und der Bedarf an Wasser und Brennmateriale. Nach Edward verzehrt eine Maschine, welche die Kraft von

4—6	Pferden hat,	in 1 Stunde	32	Pf.	Steinkohlen oder	223	Pf.	Torf
8	=	=	40	=	=	259	=	
10	=	=	45	=	=	302	=	
12	=	=	50	=	=	353	=	
14	=	=	58	=	=	383	=	
16	=	=	63	=	=	403	=	
18	=	=	70	=	=	441	=	
20	=	=	76	=	=	486	=	
24	=	=	88	=	=	529	=	
26	=	=	94	=	=	612	=	

28	Pferden hat,	in 1 Stunde	101	Pf. Steinkohlen	oder 655	Pf. Torf
30	=	=	106	=	= 706	=
34	=	=	109	=	= 743	=
36	=	=	124	=	= 824	=
38	=	=	130	=	= 862	=
40	=	=	133	=	= 932	=
45	=	=	137	=	= 960	=
50	=	=	140	=	= 982	=

Die Kraft eines Pferdes wird auf 150 Pfund angeschlagen, die in einer Secunde um drei Fuß gehoben werden. So groß ist gewöhnlich auch die Geschwindigkeit des Kolbens einer Dampfmaschine. Weiß man nun die Arbeit, welche eine Dampfmaschine verrichten soll, nach Pferden zu schätzen, so kann man sie auf Gewichte reduciren. Weiß man, welche Spannkraft die Dämpfe einer anzugebenden Maschine haben werden, so kann man leicht nach 156 berechnen, wie viel Kraft auf einen Quadratzoll des Kolbens kommt. Dieses mit der Last und den Hindernissen der Bewegung verglichen, gibt die nöthige Druckfläche des Kolbens, und mithin auch seinen Durchmesser und die Weite des Dampfcylinders.

159.

Vergleicht man die zur Dampfbildung nöthige Wassermenge mit der Arbeit, welche eine Dampfmaschine verrichten soll, so findet man, daß eine Maschine mit einfacher Wirkung in 24 Stunden für jeden Quadratzoll des Kolbens 292 Kubikzoll Wasser bedarf, und daß diese Wassermenge für Maschinen von doppelter Wirkung auch doppelt seyn muß. Es ist aber nicht jedes Wasser zur Dampfbildung gleich geeignet. Hartes Wasser d. i. solches, das viele Salze aufgelöst

enthält, gibt bei derselben Wärme Dämpfe von geringerer Spannkraft als weiches, und setzt die Salze während des Kochens ab. Diese sammeln sich dann im Dampfkessel und greifen ihn oft sehr stark an. Deßhalb wendet man selbst da, wo solches Wasser aus den Gruben der Bergwerke zu Tage gefördert wird, dasselbe nicht für Dampfmaschinen an, die es heben, sondern schaffet oft mit großen Kosten anderes minder hartes herbei.

Drittes Kapitel.

Elasticität.

160.

Jene Körper, die durch Einwirkung einer äußeren Kraft ihre Gestalt ändern, aber wieder in den vorigen Zustand zurückkehren, wenn diese Kraft zu wirken aufgehört hat, heißen elastisch. Als Beispiel mag eine Degenklinge dienen, die man krumm biegen kann, die aber wieder gerade wird, wenn die Kraft nachläßt. Bekommt ein solcher Körper seine Gestalt wieder vollkommen, und zwar sobald die Kraft zu wirken aufgehört hat, so heißt er vollkommen elastisch; erfolgt aber die Herstellung seiner Gestalt nur zum Theile, so nennt man ihn unvollkommen elastisch. Wiewohl man im strengen Sinne fast keinem Körper die Elasticität ganz absprechen kann, so gibt es doch auch wieder keinen, der für jede einwirkende Kraft vollkommen elastisch wäre; indeß nähern sich dem Zustande der vollkommenen Elasticität am meisten: gehörig gehärteter Stahl, geschlagenes Messing, Elfenbein, Fischbein, Coutschuc, Holz. Bei Maschinen bei-

ßen die elastischen Körper, derer man sich als bewegender Kräfte bedient, Federn.

161.

Die Stärke einer Feder kann man prüfen, wenn man sie durch Gewichte aus ihrer natürlichen Lage bringt. Die Größe des Gewichtes entspricht da immer der Elasticität der Feder bei dem vorhandenen Grade der Spannung. Man sieht leicht ein, daß diese Kraft desto größer ist, oder daß eine Feder desto stärker wirkt, je mehr sie gespannt wird, daß sie aber auch desto eher ihre Federkraft verliert. Diese Umstände machen, daß man durch Federkraft keinen gleichförmigen Zug hervorbringen kann, wenn man nicht zu künstlichen Mitteln seine Zuflucht nimmt. Von solchen Mitteln wird in der Folge gesprochen werden.

162.

Wenn eine Feder als bewegende Kraft gebraucht wird, so windet man sie schneckenförmig zusammen, sperrt sie in eine cylindrische Trommel, befestiget eines ihrer Enden an die Axe der Trommel, das andere an die innere Wand derselben. Indem sich da die Feder entwickeln will, sucht sie die Trommel zu drehen, und dadurch alles, was damit in Verbindung steht, in Bewegung zu setzen. Auf diese Weise wirkt die Feder an unseren Taschenuhren und an den sogenannten Stockuhren.

Bringt man eine Feder als rückwirkende Kraft an, so gibt man ihr die Gestalt Fig. 81, a.b.c. Von der Form sind die Federn an den Armbrüsten, an den Klappen unserer musikalischen Instrumente u. a. m.

Oft hängt man einen Körper an Federn auf, um Stöße

in sanftere Bewegungen aufzulösen, wie es bei unseren Wägen geschieht. Da haben sie die Gestalt Fig. 82, a.b.c.d.

Viertes Kapitel.

Stoß der Körper.

163.

Wenn ein bewegter Körper an einen anderen anstoßt, so geht in der gestoßenen und in der stoßenden Masse eine Veränderung vor, deren Größe und Beschaffenheit sich nach der Richtung der Bewegung dieser Körper vor dem Stoße, nach ihrer Geschwindigkeit, ihrer Masse, und nach der Art der Verbindung ihrer Theile richtet. In Betreff des letzteren Punctes kommt es vorzüglich darauf an, ob die Körper fest oder flüssig, elastisch oder unelastisch sind.

164.

Die Kraft, mit welcher zusammenstoßende Körper auf einander wirken, ist desto größer, je größer das Product aus ihrer Masse in ihre Geschwindigkeit ist. Man nennt dieses Product die Größe der Bewegung und überzeugt sich von der Richtigkeit dieses Satzes auf folgende Weise: Wenn zwei Körper, wovon einer doppelt so viel als der andere wiegt, (mithin, wovon die Masse des einen die doppelte von der des andern ist), an einen dritten stoßen, so richtet jener doppelt so viel aus, als dieser; denn es wirket jedes Theilchen der Körper, und in dem ersten sind offenbar doppelt so viele als im zweiten. Wenn aber zwei Körper von gleichem Gewichte an denselben dritten stoßen; so bewirkt derjenige, welcher eine größere Geschwindigkeit hat, mehr als der, dessen Geschwindigkeit kleiner ist, und zwar, wenn jener eine

doppelte Geschwindigkeit hat, auch doppelt so viel. Es kann deßhalb die Geschwindigkeit das ersetzen, was am Gewichte fehlt und umgekehrt. So macht eine kleine Kugel, ja sogar ein Stück einer Kerze, wenn es durch die Kraft des Pulvers mit großer Geschwindigkeit fortgetrieben wird, ein Loch durch ein dickes Bret, während ein Körper von mehreren Centnern langsam gegen dasselbe bewegt, bei weiten nicht so viel ausrichtet.

Deßhalb wirken auch unsere Kanonen kräftiger als die Belagerungswerkzeuge der Alten, wiewohl sie den Kanonenkugeln an Masse weit überlegen waren. Aus demselben Grunde kann auch eine Kanonenkugel, wenn sie auch schon völlig im Laufe ermattet ist, noch bedeutenden Schaden anrichten, wenn ihre Masse bedeutend ist.

Stoß fester Körper.

165.

Wenn sich zwei feste unelastische Körper gegen einander bewegen und eine gleiche Größe der Bewegung haben, so heben sich die Bewegungen beider gegenseitig auf, und beide ruhen nach dem Stoße. Ist aber die Größe der Bewegung eines dieser Körper größer als die des andern, so wird von der größeren gerade so viel aufgehoben, als die kleinere beträgt, und mit dem Reste werden beide Massen fortbewegt. Bewegt sich z. B. eine Kugel, deren Masse 10 und deren Geschwindigkeit 20 beträgt, von der Rechten zur Linken, während ihr eine andere Masse 5 mit einer Geschwindigkeit von 2 entgegenläuft; so werden beide Massen nach dem Stoße mit der Größe der Bewegung 200 — 10 = 190 nach der

Rechten fortgehen. Um die Geschwindigkeit nach dem Stoße zu erhalten, darf man nur die Größe der Bewegung nach dem Stoße durch die Summe der Massen dividiren. Im gegebenen Falle beträgt die Geschwindigkeit $\frac{190}{15} = 12\frac{2}{3}$.

Bewegen sich beide Körper nach derselben Richtung, so haben sie nach dem Stoße eine Größe der Bewegung, welche der Summe beider Bewegungsgrößen gleich ist. Theilt man diese Summe durch die beiden Massen, so gibt der Quotient die Geschwindigkeit nach dem Stoße.

Ruht einer der beiden Körper vor dem Stoße, so ist seine Geschwindigkeit, mithin auch seine Bewegungsgröße $= 0$, und man darf nur die Bewegungsgröße des einen durch die Summe der Massen dividiren, um die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße zu finden.

166.

Ein bewegter Körper wirkt dadurch auf einen andern, daß er ihm seine Richtung und Bewegung mittheilen will. Dabei scheint es, als wenn sich der andere Körper der Aenderung seines Zustandes widersetzte, und dadurch im ersten eine Veränderung der Geschwindigkeit hervorbrächte; wer aber einen richtigen Begriff von der Trägheit der Körper hat, der wird wohl wissen, wie dieses eigentlich zugeht. Vermög der Trägheit kann nämlich kein Körper seinen Zustand selbst ändern, und wenn eine Kraft auf ihn wirkt, die vorher einer gewissen Masse inwohnte, so vertheilt sich diese Kraft in die Masse beider Körper so, als wenn beide mit einander vereiniget wären. Dieses hat natürlich eine Abnahme der Geschwindigkeit des wirkenden Körpers und eine Zunahme dessen, auf den gewirkt wird, zur Folge.

167.

Die Kraft, welche eine Aenderung in einem Körper hervorbringt, muß ihn von dem Zustande an, in welchem er sich vor dem Stoße befindet, bis zu dem, wo der Stoß aufhört, durch alle Zwischenstufen verändern. Dazu gehört aber eine gewisse Zeit. Wirkt nun eine Kraft schneller, als daß sich diese Wirkung bis zum gehörigen Grade durch alle Zwischenstufen in die ganze Masse des getroffenen Körpers vertheilen könnte; so werden die von ihr unmittelbar getroffenen Theile am meisten hergenommen. Hieraus erklärt es sich, warum ein Strick, an dem eine Last hängt, zerreißt, wenn man schnell anzieht, ohne die Last zu bewegen, warum er aber unbeschadet dieselbe bewegen kann, wenn man langsamer verfährt; warum eine Flintenkugel in ein Bret, das so leicht aufgestellt ist, daß man es mit der Hand umstoßen kann, ein Loch macht, ohne das Bret umzustoßen; warum einer, der in einem Wagen sitzt, zurückfährt, sobald der Wagen schnell vorwärts gezogen wird. Hieraus erklärt sich auch die Methode, mit loser Sandbedeckung Steine zu sprengen.

Wenn man nämlich nach der gewöhnlichen Mehode mit Pulver Felsen sprengt, so wird das in eine dazu bereitete Oeffnung geschüttete Pulver mit Thon fest verschlagen. Man braucht aber dieses nicht unumgänglich nothwendig zu thun; denn, wenn man das Pulver bloß mit losem Sande bedeckt, und es dann mittelst einer eigenen Brandröhre anzündet, so bewirkt man oft mehr als auf die vorige Weise. Das Pulver entzündet sich nämlich sehr schnell, und sucht alle Hindernisse zu entfernen und einen Ausweg zu finden; allein da die Bewegung so vielen Sandkörnchen mitgetheilt wer-

den muß, und zu jeder dieser Mittheilungen eine Zeit erfordert wird, so weichen sie nicht sogleich aus, sondern vertreten die Stelle einer festen Wand.

168.

Ganz anders sind die Gesetze des Stoßes elastischer Körper; sie lassen sich aber ohne mathematische Formeln, die hier keinen Platz finden können, kaum mit gehöriger Deutlichkeit geben; deßhalb soll auch hier nur der Fall erwähnt werden, wo ein elastischer Körper an einen andern elastischen anstoßt, und beide eine gleiche Masse haben. Diese Körper wechseln durch den Stoß ihre Richtung und Geschwindigkeit. Derjenige, welcher vor dem Stoße ruhte, bewegt sich nach dem Stoße so, wie der andere vor dem Stoße that, dieser aber ruht. Bewegen sie sich vor dem Stoße gegen einander, so gehen sie nach dem Stoße auseinander. Fällt ein elastischer Körper auf eine unbewegliche Fläche auf, so wird er nach einer Richtung zurückgeworfen, die mit der gestoßenen Fläche denselben Winkel macht, den die Richtung des Stoßes mit ihr machte.

Stoß des Wassers.

169.

Wenn eine abgesonderte Wassermasse an eine unbewegliche Fläche anstoßt, so befolgt der Stoß dieselben Gesetze, als wenn er unter festen Körpern vor sich gegangen wäre, und es hängt die Größe seiner Wirkung von der Masse und der Geschwindigkeit ab. Ist aber die Wassermasse in einem ununterbrochenen Flusse begriffen, so daß ein Theil derselben nach dem Stoße gleich wieder durch einen andern ersetzt wird, und

daher der Stoß fortdauert, so lange Wasser nachfließt, so hängt die Wirkung des Stoßes von der Größe der gestoßenen Fläche und vom Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers ab. Denn in diesem Falle stößt bei vermehrter Geschwindigkeit nicht allein jedes Theilchen des Wassers stärker, sondern es stoßen auch mehrere Theile in derselben Zeit an die genannte Fläche. Wenn daher zwei Flächen, deren eine 2, die andere 5 Quadratfuß hat, vom Wasser gestoßen werden, das sich auf jene mit einer Geschwindigkeit von 5 Fuß, auf diese mit einer Geschwindigkeit von 3 Fuß ergießt; so verhält sich die Ausgiebigkeit des Stoßes auf die erste Fläche zu der auf die zweite, wie $2 \times 25 : 5 \times 9 = 50 : 45 = 10 : 9$. Dieses Gesetz fand man bei Versuchen, die man über die Größe des Wasserstoßes mit großer Genauigkeit anstellte, vollkommen bestätiget, so lange der Canal, in welchem das Wasser fließt, viel breiter ist, als die Stoßfläche; hat hingegen diese Fläche eine so große Breite, daß sie das ganze Gerinne einnimmt, und daher zwischen der Stoßfläche und den Wänden des Gerinnes nur ein so großer Zwischenraum bleibt, daß sich die Stoßfläche bewegen kann; so ist der Stoß gerade doppelt so groß, als im ersten Falle.

170.

Wenn sich die Fläche, welche gestoßen wird, selbst bewegt, so hängt die Wirkung des Stoßes auch noch von der Geschwindigkeit dieser Fläche ab. Wäre diese Geschwindigkeit so groß, wie die des Wassers, und geschähe die Bewegung des Wassers und der Stoßfläche nach einerlei Richtung, so ist klar, daß gar kein Stoß Statt finden könnte. In jedem anderen Falle hängt aber die Größe der Wirkung ab von dem

Quadrate des Unterschiedes der Geschwindigkeit des Wassers und der gestoßenen Fläche, oder von der Höhe, welche diesem Unterschiede der Geschwindigkeiten nach Tafel I entspricht. Bringt man dieses Gesetz in Rechnung und sucht daraus diejenige Geschwindigkeit der gestoßenen Fläche, für welche die Wirkung des Stoßes am größten wird, so findet man sie gleich $\frac{1}{3}$ von der des Wassers. Hat daher das Wasser die Geschwindigkeit $= 1$, die Stoßfläche die Geschwindigkeit $= \frac{1}{3}$, so ist der Unterschied der Geschwindigkeiten $= \frac{2}{3}$ und sein Quadrat $= \frac{4}{9}$. Diese Größe mit der Stoßfläche multiplicirt, gibt daher die größte Wirkung des Wasserstoßes auf diese Fläche. Wirkt der Stoß schief, so kann man seine Richtung in eine auf die getroffene Fläche senkrechte, und in eine mit ihr parallele zerlegen, und nur erstere als wirksam betrachten; dieses kann aber nur dann ohne Fehler so betrachtet werden, wenn die Richtung nur um etwa 10 Grade von der senkrechten abweicht.

Stoß der Luft (Wind).

171.

Eine starke Bewegung der Luft nennen wir einen **Wind**. Dieser erscheint uns desto stärker, je größer seine Geschwindigkeit ist. Ein mäßiger Wind hat eine Geschwindigkeit von 10 — 15 Fuß, ein Sturm von 40—60 Fuß; man will aber auch Stürme beobachtet haben, die eine Geschwindigkeit von 124 Fuß hatten. Man erfährt die Geschwindigkeit des Windes am leichtesten, wenn man einen sehr leichten Körper, z. B. eine zarte Feder, in der Luft ausläßt und den Weg mißt, den er in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde, zurück-

legt. Die Geschwindigkeit eines solchen Körpers kann man mit der des Windes für einerlei halten. Hat man einmahl die Geschwindigkeit des Windes, so kann man seine Wirkung so wie die des Wassers berechnen. Will man die Wirkungen des Wasser- und Windstoßes mit einander vergleichen; so kann man annehmen, daß der Wind bei einer gewissen Geschwindigkeit auf eine gegebene Fläche 24mahl schwächer wirkt, als das Wasser bei derselben Geschwindigkeit.

Fünftes Kapitel.

Muskelkräfte der Menschen und Thiere.

172.

Die Kräfte, welche Menschen und Thiere ausüben können, sind bei verschiedenen Individuen so verschieden, daß von einer genauen Angabe gar nicht die Rede seyn kann. Alles, was man thun kann, beschränkt sich auf die Angabe eines Mittelwerthes für Individuen von mittlerer Stärke und gewöhnlicher Uebung. Aber selbst bei der Angabe dieser Mittelwerthe muß man immer wissen, ob von der Kraft die Rede ist, die ein Mensch oder ein Thier bei einer augenblicklichen Anstrengung auszuüben im Stande ist, oder ob damit einige Zeit fortgefahren werden kann, ohne daß der Organismus darunter leidet. Erstere nennt man die *absolute* oder *momentane*, letztere die *beständige* Kraft.

173.

Bei allen thierischen Körpern ist es eigentlich die Muskelthätigkeit, wodurch eine Kraft ausgeübt wird; oft kömmt aber auch das Gewicht des Körpers selbst mit in Anschlag. Da nun

bei verschiedenen Operationen auch verschiedene Muskel in Thätigkeit sind, und das Gewicht des thierischen Körpers bald die Muskelkräfte unterstützt, wie zum Beispiele beim abwärts Drücken oder Ziehen, bald ihr entgegenwirkt, wie beim aufwärts Ziehen; so muß auch die Wirkung der Kraft desselben Individuums bei verschiedenen Arbeiten verschieden ausfallen.

174.

Die Muskelkraft der Menschen und Thiere schätzt man mit einem eigenen Instrumente, welches Dynamometer oder Kraftmesser heißt, und von Regnier erfunden wurde. Es besteht aus einer elliptischen Stahlfeder A (Fig. 83), die zum bequemen Anfassen mit Leder überzogen ist, übrigens eine Länge von ungefähr 12 Zoll hat. An einem Arme derselben Feder ist der stählerne Träger B durch Einschnitte und Schrauben befestiget und auf diesem Träger befindet sich eine Messingplatte C in Form eines Halbkreises, auf welcher zwei Bögen mit Theilungen eingerissen sind. Die Theilung des kleineren ist nach Pfunden, die des größeren nach Centnern gemacht. Mit dem anderen Arme der Feder ist ein Mechanismus verbunden, durch welchen ein leichter Zeiger bewegt wird, so bald sich die Feder durch einen Zug oder Druck nach der größeren oder kleineren Axe ändert. Dieser Zeiger ist im Mittelpuncte der genannten Bögen angebracht, er hat zwei Spitzen, deren eine der Theilung am kleineren Bogen entspricht, während die andere zur Theilung des größeren Bogens paßt. Der Mechanismus, wodurch der Zeiger bewegt wird, läßt sich aus Fig. 84 ersehen. A liegt in einem Arme der Feder, AB ist eine dünne Stange, welche in B an die winkelförmig gebogene Stange

BCE befestigt ist. Diese Stange dreht sich in E um ihre Axe, sobald BC durch die Veränderung der Feder verrückt worden ist, und wirkt dabei mit einem in E angebrachten Stift auf den Zeiger FG. Der Zeiger bleibt aber stehen, wenn auch der Druck oder Zug an der Feder aufgehört hat, und muß daher bei jedem Versuche auf den Nullpunct zurückgeführt werden. Der Stand des Zeigers läßt auf der Eintheilung der Platte die Kraft in Pfunden oder Centnern abnehmen. Ersteres dann, wenn durch die Kraft die Feder nach der kleineren Axe unmittelbar verändert wurde; letzteres, wenn die Kraft unmittelbar eine Veränderung der größeren Axe der Feder hervorbrachte. Die Art, wie man die Muskelkraft des Menschen in Händen oder Füßen, oder wie man die Kraft eines Zugthieres prüft, kann man aus Fig. 85. a.b. u. 86. ersehen.

175.

Um die Kraft eines Menschen oder Thieres auszumitteln, mit der längere Zeit ausgehalten werden kann, hat man kein anderes Mittel, als von Menschen und Thieren gewisse Arbeiten vollziehen zu lassen und sie dann auf Gewichte zu reduciren, welche bei derselben Anstrengung und Thätigkeit mit einer gewissen Geschwindigkeit gehoben werden. Das Product aus diesem Gewichte in die Geschwindigkeit, gibt das Maß der Kräfte an.

Kraft des Menschen.

176.

Wirkt ein Mensch bloß durch sein Gewicht, so kann man seine Kraft auf 125 Pfund anschlagen; denn so viel wiegt ungefähr ein Mann. Die Kraft, welche er auszuüben

im Stande ist, wenn er in der Stellung (Fig. 85 a.) mit aller Anstrengung eine Last hebt, kann auf 230 Pfund angeschlagen werden. Die Kraft seiner Hände beträgt bei der Stellung Fig. 85 b. 92 Pfund.

Die mittlere Kraft eines Weibes ist der eines Jünglings gleich, und beträgt $\frac{2}{3}$ von der Kraft eines Mannes.

177.

Die Geschwindigkeit, mit der ein Mann laufen kann, beträgt 25 Fuß, im gewöhnlichen Schritte aber nur $4\frac{1}{2}$ Fuß. Seine mittlere Schrittweite ist etwas größer als 2 Fuß.

178.

Wenn ein Mann von mittlerer Stärke eine Last mittelst eines Brustbandes auf horizontalem Wege fortzieht, so schätzt man seine Kraft auf 92 Pfund, und der stärkste kann nicht mit mehr, als mit einer Kraft von 110 Pfund ziehen.

Ein Arbeiter, der eine Last von einem Orte zum andern trägt, der 6320 Fuß weit entlegen ist, kann sich jedesmahl mit 100 Pfund beladen, und an einem Tage 6 Gänge machen. Dabei wird er aber so angestrengt, daß er die Arbeit den folgenden Tag kaum wird fortsetzen können.

Ein Arbeiter, der mit einer Last eine bequeme Stiege geht, die 38 Fuß lang ist, kann in einem Tage 66 Gänge machen, und damit 7700 Pfund hinaufbringen.

Bei einem Schlagwerke kann auf einen Arbeiter vom Schlägel, der gehoben wird, ein Gewicht von 21 Pfund kommen; derselbe kann $3\frac{1}{2}$ Fuß hoch gehoben werden, und man wird 10 Schläge in einer Minute machen können. Doch darf diese Arbeit des Tages nicht über 6 Stunden anhalten;

sonst werden die Kräfte der Arbeiter zu stark in Anspruch genommen.

An einer Kurbel kann ein Mann mit einigen Unterbrechungen 6 Stunden arbeiten, wenn er sie mit einer Kraft von 13 Pfunden in einer Minute 20mahl umdreht, und bei jeder Umdrehung einen Umkreis von etwas mehr als 6 Fuß beschreibt.

Auf einer Karre, die 50 Pfund wiegt, führt ein Mann eine Last von 120 Pfund 500mahl des Tages 90 Fuß weit, wenn er 31 Pfund von dieser Last trägt, und das übrige vom Boden getragen wird. Er kann dabei eine Kraft von 8—9 Pfund anwenden.

Kraft der Pferde.

179.

Man schätzt gewöhnlich die Kraft eines Pferdes den vereinten Kräften von 7 Menschen gleich. Die Kraft, mit welcher ein Pferd anziehet, wenn es alle Kräfte so zusammen nimmt, daß es bei dieser Anstrengung nicht längere Zeit verharren kann, beläuft sich auf 510—850 Pfund. Die größte Geschwindigkeit, mit der ein Pferd eine kleine Strecke hindurch laufen kann, ist 46 Fuß; doch erzählt man von dem berühmten Wettrenner Eclypse, daß er mit einer Geschwindigkeit von 80 Fuß fortlaufen konnte, und bei einem Ausstrecken einen Weg von 19 Fuß bedeckte. Sonst schlägt man die Geschwindigkeit eines Pferdes beim Galopp auf 17 Fuß

=	Trapp	= 10	=
=	Schritt	= 5	=
beim gewöhnlichen	Zugschritt	= $2\frac{3}{5}$	= an.

Ein Pferd kann eine Last von 170—250 Pfund tragen und an einem Wagen 10—12 Centner fortziehen, wenn man das Gewicht des Wagens nicht einrechnet, und dabei auf guter horizontaler Straße in jedem Tage einen Weg von 20000 Klafter machen. Es übt da eine Kraft von 240 Pf. aus.

An einer Vorrichtung, wo das Pferd an dem Rade laufen muß, wie an einer Pferdmühle, zieht es mit einer Kraft von 170 Pfund und mit einer Geschwindigkeit von 2½ Fuß, kann aber des Tages nicht länger aushalten als 4—5 Stunden.

Sechstes Kapitel

Einige Kräfte von beschränkter Anwendbarkeit.

A. Kraft des Schießpulvers.

180.

Daß das Schießpulver, wenn es angezündet wird, als bewegende Kraft gebraucht werden kann, ist sattsam bekannt. Es kommt diese Kraft auf Rechnung der Wasserdämpfe und der Luftarten, die beim Verbrennen des Pulvers erzeugt werden. Sehr wünschenswerth wäre es die Größe dieser Kraft genau zu kennen; allein bis jetzt ist man noch zu keinem genügenden Resultate gelangt, weil diese Kraft zu sehr von der Beschaffenheit des Pulvers und von der schnelleren oder langsameren Entzündung desselben abhängt. Häufig wird nur ein Theil des zu einer Explosion bestimmten Pulvers wirklich angezündet, das übrige aber wie ein anderer widerstehender

Körper fortgetrieben. Man kann es als ausgemacht ansehen, daß die Kraft des Pulvers desto größer ist, je größer seine Menge und je kleiner der Raum ist, auf welchen es beschränkt wird, weil die Dichte und mithin auch die Ausdehnsamkeit der Wasserdämpfe und Luftarten, die beim Anzünden entwickelt werden, offenbar zunimmt, wenn die Pulvermenge wächst und der Spielraum abnimmt.

181.

Graf von Rumford stellte über die Kraft des Pulvers Versuche an. Er füllte eine genau abgewogene Menge desselben in einen Lauf mit ungeheuer dicken Wänden, stellte ihn mit der Mündung vertical aufwärts, schloß denselben mit einer stählernen Platte, und belastete dieselbe so lange, bis die gegebene Pulvermenge nicht mehr im Stande war, die Last fortzutreiben. Das Pulver wurde mittelst eines heißen Eisens entzündet. Die kleinste Menge desselben, welche in den Lauf geschüttet wurde, betrug $8\frac{2}{5}$ Gran und erfüllte den $\frac{39}{1000}$ Theil des Laufes. Der Querschnitt seiner Mündung betrug ungefähr 60 Quadratlinien. Wurde die Dichte des hierbei erzeugten und in dem inneren Raume des Laufes eingeschlossenen ausdehnsamen Körpers als Einheit angenommen, so mußte die Dichte desjenigen, welcher bei doppelter und dreifacher Pulvermenge erzeugt wurde, durch 2 und 3 ausgedrückt werden. Anstatt der Gewichte, welche den Pulverkräften das Gleichgewicht hielten, konnte er die Höhe einer Quecksilbersäule setzen, deren Basis dem Querschnitte der Lauföffnung gleich ist. Unter diesen Voraussetzungen fand Graf Rumford die Pulverkraft bei der

Dichte	1	gleich einer Quecksilbersäule von	177	W.F.Höhe
=	2	= =	312	=
=	3	= =	530	=
=	4	= =	1160	=
=	5	= =	1537	=
=	7	= =	2257	=
=	8	= =	3270	=
=	9	= =	4690	=
=	10	= =	6248	=
=	11	= =	7589	=
=	12	= =	8935	=
=	13	= =	10360	=
=	14	= =	13244	=
=	15	= =	16143	=
=	16	= =	19021	=
=	18	= =	28556	=

B. Ausdehnende Kraft der Wärme.

182.

Alle Körper dehnen sich aus, wenn sie erwärmt werden, und ziehen sich wieder zusammen, wenn man sie abkühlt. Ein Maßstab ist deßhalb im Sommer länger als im Winter, und ein Stück glühendes Eisen verliert von seiner Länge einen guten Theil, wenn es kalt wird, ein Umstand auf den Schmiede wohl Acht haben müssen, wenn sie etwas nach einem bestimmten Maße schmieden wollen.

183.

Die Kraft, womit sich erwärmte Körper ausdehnen, oder beim Erkalten zusammenziehen, ist von ungeheurer Wirk-

samkeit, und kann manchmahl vortheilhaft als bewegende Kraft benützt werden. Ein merkwürdiges Beispiel der Anwendung dieser Kraft ist folgendes: Im Conservatorium der Künste zu Paris bemerkte man, daß sich zwei Seitenmauern einer Gallerie von einander zu entfernen anfingen. Um dem Uebel abzuhelfen, brachte man an den Mauern, die zu weichen begannen, einander gegenüberstehende Löcher an, steckte durch zwei und zwei derselben eisene Stangen, die an ihren hervorragenden Enden mit Schrauben versehen waren. Wurden diese Schrauben so viel als möglich angezogen, so durfte man kein ferneres Weichen der Mauern besorgen, aber ihre frühere Lage war dadurch nicht hergestellt. Um dieses zu bewirken, erhitzte man nun eine Stange in der Mitte, dadurch wurde sie länger, und man konnte die Schrauben besser anziehen. Wurde nun diese Stange wieder kalt, so zog sie sich zusammen, und nahm sogar die Mauer mit; dadurch wurden aber wieder die übrigen Stangen zu lang, und man konnte auch ihre Schrauben anziehen; durch abermahliges Erhitzen der ersteren Stange, Anziehen ihrer Schrauben und nachheriges Erkalten konnte man die Mauern in ihre vorige gerechte Lage zurückführen, und so eine Arbeit vollbringen, die allen menschlichen Kräften zu trotzen schien.

C. Kräfte, womit die kleinsten Theile der Körper auf einander wirken.

184.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß die Theile fester Körper nur durch eine gewisse Kraft von einander getrennt werden können; man sagt deßhalb sie ziehen sich an. Wie

bedeutend diese Anziehung sey, erkennt man aus dem Widerstande, den man beim Zerreißen eines Körpers, z. B. des Eisens erfährt. In vielen Fällen wirkt diese Anziehung als bewegende Kraft. So weiß man allenthalben, daß das Wasser, welches in Eis übergeht und dabei einen größeren Raum einzunehmen sucht, mit ungeheurer Kraft auf die Wände des Gefäßes wirkt, und dasselbe nicht selten zersprengt.

Der englische Artillerie-Major Eduard Williams füllte Bomben, deren innerer Durchmesser 9 Zoll betrug, und deren Wände $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll dick waren, mit Wasser, verschloß sie mit einem hölzernen Pfropf, der mit einem Hammer eingeschlagen wurde, und setzte sie dann der Kälte aus, damit das Wasser fror. Dabei wurden die Bomben mit so großer Kraft zersprengt, daß sie eine Anfangsgeschwindigkeit von 20 Fuß bekamen. Das Zersprengen eines Glases, das schnell abgekühlt wird, das Schwinden des Holzes, wenn es trocken wird, ist so, wie der obige Fall eine Folge der Anziehung, welche die Theile der Körper auf einander ausüben, und man weiß, mit welcher Kraft dieses geschieht.

185.

Es wurde schon früher erwähnt, daß das Wasser in engen Röhren höher steigt als dieses vermög der Gesetze des Wasserdrucks geschehen sollte.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der Anziehung, welche die Theile des Wassers auf einander, und welche die Theile der Röhrenwand auf die Wassertheile ausüben. Diese Wirkung ist ungemein kräftig, und kann in manchem Falle als bewegende Kraft benützt werden. Es bedienen sich ihrer die Mühlsteinarbeiter mit großem Vortheile. Nachdem sie

nämlich einen Mühlstein von einer Felsenmasse bis auf die unterste Fläche ausgehauen haben, und es sich nur mehr darum handelt, ihn von unten los zu machen, bewirken sie dieses dadurch, daß sie an einigen Stellen des Steinumfanges schiefe Vertiefungen machen, hölzerne Keile hinein schlagen und sie mit Wasser begießen. Dieses wird in die Zwischenräume mit Macht aufgenommen, das Holz schwillt dadurch an und sprengt so den Stein los. Durch dieselbe Kraft werden auch Stricke kürzer und dicker, wenn man sie benetzt, und können dadurch sogar Lasten mit ziehen. Ein sehr merkwürdiger Fall, wo diese Verkürzung der Stricke durch Wasser benützt wurde, ereignete sich, als unter Pabst Sixtus V. der große Obelisk, der 900000 Pf. wog, vor der Peterskirche in Rom aufgestellt wurde. Der Obelisk stand schon zum Theil auf dem Postamente, und man brauchte nur noch die Stricke anzuziehen, um ihm seinen gehörigen sicheren Stand zu geben; allein die dabei gebrauchten Maschinen ließen keine Verkürzung der Stricke mehr zu. Da rief einer aus der Volksmenge: Wasser auf die Stricke! man befolgte dieses, die Stricke verkürzten sich, und zogen die ungeheure Steinmasse nach sich.

186.

Auf dieser Anziehung beruht auch die Vera'sche Wassermaschine, die in manchen Gegenden mit sehr viel Nutzen gebraucht wird. Sie wird durch Fig. 87 vorgestellt. A und B sind zwei Rollen, um welche Stricke ohne Ende so fest gehen, daß sie sich mit der Rolle A bewegen müssen. Steht die untere Rolle im Wasser, und man dreht die Rolle A mittelst der Kurbel C schnell um, so nehmen die steigenden

Stricke einen Wasserkörper mit sich in die Höhe, der oben in ein Gefäß aufgefangen, und nach Belieben abgeleitet werden kann. Die Stricke macht man aus Hanf oder Pferdehaaren, man wendet wohl auch Ketten statt der Stricke an, wenn einem eine große Kraft zum Drehen zu Gebothe steht.

D. Electrische Anziehung.

187.

Wenn ein Körper electrisch wird, so zieht er andere Körper selbst von einer nicht unbedeutenden Entfernung an, und stoßt sie dann wieder ab. Es ist aber diese Anziehung so schwach, daß man sie bis jetzt zum mechanischen Behufe nicht anwenden konnte; nur die sogenannte Zambonische Säule hat man zum Betriebe einer Uhr gebraucht. Diese Säule wurde im Jahre 1812 vom Professor Zamboni in Verona erfunden. Sie besteht aus Scheiben von ungeleimten Silberpapier von der Größe eines Groschenstückes, die auf der Papierseite mit einem Gemenge aus Honig und Braunstein fein überstrichen werden.

Ein Paar Tausend solcher Scheiben werden in eine von außen und innen mit Siegellack überzogenen Glasröhre so eingepreßt, daß entweder die Silberseite oder die Papierseite aller Platten nach oben gewendet ist, oben und unten mit einer metallenen Fassung versehen, deren jede mit dem äußersten Blättchen durch einen Draht in Verbindung steht. Die obere Fassung hat einen Knopf, die untere bildet ein Postament. Werden zwei solche Säulen, wovon bei einer die Silberseite, bei der andern die Papierseite aufwärts gekehrt ist, in einer Entfernung von ein Paar Zoll neben ein-

ander angebracht und eine Säule dazwischen gestellt, welche eine feine Nadel trägt, die sich wie ein Pendel in einer Pfanne um eine Axe bewegt und oben einen kleinen Ring hat, der durch eine feine Glasstange mit dem übrigen Theile des Pendels verbunden ist; so wird diese Nadel abwechselnd von der Säule abgestoßen und angezogen, und so schwingend erhalten. Ramis in München hat diese Säule so verstärkt, daß sie eine Uhr bewegen konnte.

Dritter Abschnitt.

Von widerstehenden Kräften.

188.

Die bisher betrachteten Kräfte sind geeignet wirkliche Bewegungen hervorzubringen. Es gibt aber auch solche Kräfte, die keine Bewegung hervorbringen, sondern sie nur vermindern, oder gar verhindern können. Deßhalb heißen sie widerstehende Kräfte.

Sie sind: 1. die Reibung, 2. der Widerstand des Mittels, das ist, derjenigen Flüssigkeit, in der sich ein Körper befindet, 3. die Steifheit der Stricke. Jede dieser widerstehenden Kräfte verdient eine eigene Betrachtung.

Erstes Kapitel.

Reibung.

189.

Die Reibung entspringt aus der Rauhheit der sich auf einander bewegenden Körper. Wir können keinen Körper so glatt machen, daß auf seiner Oberfläche gar keine Vertiefungen und Erhöhungen vorkämen. Wo wir diese nicht mit freiem Auge entdecken, finden wir sie durch Vergrößerungsgläser oder

wir schließen auf ihr Daseyn aus Versuchen. Wenn daher zwei Körper über einander liegen, so werden durch das Gewicht des oberen die Erhabenheiten des einen in die Vertiefungen des anderen eingedrückt; mithin können sie nicht über einander bewegt werden, außer die Erhabenheiten werden weggerissen, oder verschoben, oder die Flächen heben sich. Dazu muß aber eine gewisse Kraft verwendet werden. Die Kraft, womit ein Körper auf einer horizontalen Ebene fortbewegt zu werden anfängt, ist um ein Geringes größer, als die Reibung, kann aber ohne bedeutenden Fehler für den Werth derselben angesehen werden. Die Zahl, die man erhält, wenn man durch das Gewicht des so bewegten Körpers, das Gewicht, welches der Reibung gleich kommt, dividirt, heißt der Reibungscoefficient. Betrüge die Reibung bei einem Körper von 6 Pfund, 2 Pfund, so wäre dieser Coefficient $\frac{2}{6} = \frac{1}{3}$.

190.

Die Puncte, welche die Erfahrung in Betreff der Reibung lehrt, und die für die Ausübung eine besondere Brauchbarkeit versprechen, sind folgende:

1. Die Reibung ist desto größer, je größer die Rauhigkeit der sich reibenden Flächen ist. Bei mäßiger Glätte beträgt der Reibungscoefficient $\frac{1}{3}$; er kann aber auch $\frac{1}{10}$ werden.
2. Wenn ein Körper von der Ruhe in Bewegung übergeht, beträgt die Reibung mehr, als wenn er schon in Bewegung ist. Dieses ist oft bei unseren gewöhnlichen Fuhrwerken sehr bemerklich, indem der erste Zug, wodurch ein Wagen in Bewegung kommt, die Zugthiere am meisten in Anspruch nimmt. Aus Versuchen, die über die Kraft, welche große

Lastwägen zu ihrer Bewegung fordern, mit dem Dynamometer angestellt wurden, ergab sich das merkwürdige Resultat, daß die bewegende Kraft, welche dazu gehört, einem Wagen die erste Bewegung zu ertheilen, die doppelte von der ist, welche erfordert wird, ihn in Bewegung zu erhalten.

3. Die Größe der sich reibenden Flächen hat keinen Einfluß auf die Reibung, und es ist einerlei, ob der Körper auf seiner größeren oder kleineren Fläche aufliegt; weil in einem Falle zwar mehrere Puncte sich berühren, aber dafür nicht so stark an einander gedrückt werden, im anderen eine geringere Menge der Berührungspuncte durch ein größeres Gewicht gedrückt wird. Hieraus kann man ersehen, daß Wagenräder mit breiten Felgen keine stärkere Reibung erleiden, als die mit den gewöhnlichen schmalen Felgen.

4. Bei der rollenden Bewegung ist die Reibung geringer, als bei der gleitenden; ja sie würde im ersten Falle ganz verschwinden, wenn die rollenden Körper nicht etwas platt gedrückt, und daher der gleitenden Bewegung genähert würden. Hieraus kann man den Unterschied zwischen Schlitten und Wägen, den Nutzen der Hemmschuhe für letztere beurtheilen, und begreifen, wie man mittelst Walzen die größten Lasten weiter bringen kann. Schon von einem griechischen Baumeister Namens Ktesiphon erzählt man, er habe marmorne Säulen von 60 Fuß Länge mit einer Axe versehen, und durch Zugthiere fortwälzen lassen; in unseren Zeiten wurde der große Felsen, den die Kaiserinn Catharina zum Monumente Peters des Großen bestimmt hatte, auf Walzen nach Petersburg geschafft.

5. Die Größe der Reibung ist von der Geschwindigkeit der Bewegung unabhängig, so lange sich gleichartige Körper auf einander bewegen; weil zwar mehrere Puncte in derselben Zeit in Berührung kommen, dafür aber viele davon übersprungen werden, und die Erhabenheiten nicht so sehr in die Vertiefungen eindringen können. Bei ungleichartigen Körpern wächst hingegen die Reibung mit der Geschwindigkeit.
6. Gleichartige Körper reiben sich mehr als ungleichartige, es muß aber die Erfahrung bestimmen, welche Körper von ungleicher Natur sich mehr oder weniger reiben. Sie lehrt, daß sich zum Beispiele Eisen und Zink, oder Eisen und Messing weniger reiben, als Eisen und Kupfer, oder Eisen und Zinn.
7. Auf die Reibung zwischen Hölzern hat die Richtung der Fasern einen nicht unbedeutenden Einfluß. Sie ist größer, wenn die Fasern sich durchkreuzen, als wenn sie mit einander gleichlaufend sind.
8. Feuchtigkeit vergrößert die Reibung bei Hölzern, Hitze bei Metallen.
9. Schmiermittel vermindern die Reibung sehr, wenn sie oft genug erneuert und zweckmäßig angebracht werden.

191.

Da durch die Reibung immer eine Bewegung entweder vermindert oder ganz gehindert wird, so muß sie in allen Fällen schädlich seyn, und man muß auf ihre Verminderung hinarbeiten, wo eine Bewegung Statt haben soll; hingegen sie vermehren, wenn eine Bewegung zu mindern unser Zweck ist, wie dieses zum Beispiele beim Bergabfahren, beim Her-

ablassen eines Fasses in einen Keller, beim Gehen auf Eis oder auf einer schiefen Fläche Statt findet.

192.

Aus dem Gesagten ergeben sich von selbst die Mittel, welche dem Mechaniker zu Gebote stehen, um die Reibung so viel als möglich zu verkleinern. Genaue Glättung der Flächen mittelst Politur und Schmiermittel, Verminderung der Last, Vermeidung der Berührung zwischen gleichartigen Körpern, der Erhitzung bei Metallen und des Naßwerdens bei Hölzern, Verwandlung der gleitenden Bewegung in eine drehende, und Vergrößerung des Momentes der Kraft, welche die Reibung überwinden soll, so wie Verkleinerung des Momentes der Reibung, sind die erprobten Mittel, die zum Zwecke führen. Daß man übrigens bei dem Bestreben, die Reibung zu vermindern, anderen Rücksichten nicht nachtheilig werden darf, versteht sich von selbst.

193.

Die Regeln, nach denen man verfahren muß, wenn man die Reibung nach Möglichkeit vermindern will, finden bei den Wägen ihre volle Anwendung; eine nähere Betrachtung eines Wagens wird daher diese Regeln selbst gehörig erleuchten. Wenn man eine Last auf dem Boden fortschleppen müßte, so würde bald die Reibung so groß ausfallen, daß die Ziehkräfte, die uns gewöhnlich zu Gebothe stehen, gar nicht mehr hinreichten, die Bewegung hervorzubringen; man könnte sich aber dadurch helfen, daß man die Last von einer Seite auf die andere stürzte, oder wenn dieses nicht anginge, gar durch untergelegte Walzen fortrollte. Zur Ersparung an Zeit, um nämlich die ausgelaufenen Walzen nicht

immer wieder unterlegen zu müssen, kann man an der Unterlage horizontale Axen befestigen, an sie statt der Walzen Scheiben oder ordentliche Räder mit Felgen und Speichen anstecken, und so einen wirklichen Wagen bereiten. Dabei wird die Reibung, die sonst am Umfange der Walzen Statt hatte, und überwunden werden mußte, wenn die Last fortgeschafft werden sollte, auf den Umfang der Axe versetzt, und man erlangt den Vortheil, daß man sie durch gehöriges Abrunden und Schmieren der Axe, und durch das Beschlagen mit Eisen bedeutend vermindern kann, und nebst dem noch für größere Dauer sorgt.

194.

Ist die Straße, worauf der Wagen fortgezogen wird, so fest, daß die Räder nicht einschneiden; so ist die Kraft, welche der Reibung an den Axen das Gleichgewicht hält, bei einerlei Belastung des Wagens, desto kleiner, je kleiner der Durchmesser der Axe und je größer der Halbmesser des Rades ist. Deßhalb zieht man auch bei Stadtwägen, die keine gar großen Lasten zu tragen haben, eiserne Axen den hölzernen vor, weil man erstere dünner machen kann, ohne ihrer Festigkeit nahe zu treten, und man wendet hohe Räder an, bei denen auch noch der Vortheil erlangt wird, daß sie nicht so wie kleine, in jede Vertiefung hineinsinken. Bei Frachtwägen kann man eiserne Axen nicht vortheilhaft brauchen, weil sie, wenn sie eine hinreichende Stärke haben, durch ihr größeres Gewicht mehr nachtheilig werden, als sie durch ihren geringeren Durchmesser nützen.

195.

Wenn aber der Weg nicht so fest ist, als daß ein Wagen ohne einzuschneiden darauf fortrollen könnte, so hängt die Reibung auch noch von anderen Umständen ab.

Die Berechnung des aus dem Einschneiden entspringenden Widerstandes zeigt 1.) Daß er in allen Fällen in einem größeren Verhältnisse zunimmt, als die Last, und daß es in dieser Hinsicht besser ist, die Fracht auf mehrere Wägen zu vertheilen, als einen Wagen gar stark zu beladen. 2.) Daß er desto größer ist, je weicher der Boden ist. 3.) Daß er abnimmt, wenn der Durchmesser der Räder und die Breite ihrer Felgen vermehrt wird.

196.

Alle unsere Straßen bekommen durch den Gang der Wagenräder Einschnitte und verursachen daher den zuletzt betrachteten Widerstand; nur die sogenannten Eisenbahnen sind von demselben frei, und gewähren deßhalb unzählige Vortheile. Diese Bahnen sind vorzüglich in England zu Hause. Sie laufen da Meilen weit fort und bestehen aus Stücken von gegossenen Eisen von 3 Fuß Länge, wovon immer eines an das nächst folgende befestiget ist. Damit die Wägen einander ausweichen und selbst nach verschiedenen Richtungen gehen können, sind an einigen Stellen Kreuzspuren angebracht. Der Weg für die Zugthiere ist mit kleinen harten Steinen gepflastert. Man hat in England dreierlei Arten von Eisenbahnen. Einige bestehen aus eisernen Stegen von 2 — 3 Zoll Breite, die von oben und innen vollkommen glatt sind. Die Räder, welche darauf gehen, und von Gußeisen verfertiget werden, haben an der inwendigen Kante des Kranzes eine

Falze, mittelst welcher der Wagen auf der Bahn erhalten wird. Bei der anderen hat die Eisenbahn auf der äußeren Seite eine hervorstehende Kante, und das Rad ist wie ein gewöhnliches Wagenrad gebaut. Bei der dritten Art ist die Bahn oben abgerundet, und das Rad hat am Umfange einen Einschnitt, in welchen die Bahn paßt.

197.

Da bei den Eisenbahnen nur die Reibung an den Axen Statt findet, so ist klar, daß da ein Pferd viel mehr ausrichten kann, als auf unseren gewöhnlichen Wegen. In England zieht ein Pferd auf einer Eisenbahn 13 mit Steinkohlen beladene Wägen, die eine Last von 440 Centner tragen, auf einer schrägen Eisenbahn sehr leicht hinab, und die leeren Wägen wieder eben so leicht hinauf. Man kann überhaupt annehmen, daß ein Pferd auf gut eingerichteten Eisenbahnen dieselbe Arbeit thut, welche auf einer gewöhnlichen Straße 40 Pferde verrichten können. Auf Eisenbahnen, wie sie Herr von Baader in München vorschlägt, soll ein Pferd 36 Pferden mit gewöhnlichem Fuhrwerke gleich kommen.

Da bei den Eisenbahnen der ganze Widerstand eines Wagens nur von der Reibung abhängt, so könnte man ihn noch beträchtlich vermindern, wenn man die Räder größer machte; allein indem sie dadurch auch schwerer werden, so werden die Zugthiere beim Bergaufgehen zu sehr in Anspruch genommen, weil sie da nicht bloß die Reibung, sondern auch die Kraft, wit welcher der Wagen bergab zu gehen sucht, zu überwinden haben. Deßhalb macht man in England die Räder nicht höher als 3 Fuß und kommt den Zugthieren beim Bergauffahren noch dadurch zu Hülfe, daß man den

Wagen, der am Fuße einer Anhöhe steht, mittelst Ketten an einen anderen anhängt, welcher den Berg schon erstiegen hat, und gerade im Begriffe ist, abwärts zu rollen. Dadurch wird dieser aufgehalten, jener hinaufgezogen, und so den Pferden an beiden Wägen eine große Erleichterung verschafft.

Zweites Kapitel.

Widerstand des Mittels.

198.

Alle Bewegungen, die einige Anwendung im bürgerlichen Leben gewähren, geschehen in der Luft oder im Wasser. In beiden Fällen muß ein Theil der bewegenden Kraft verwendet werden zur Beseitigung der im Wege stehenden Luft oder des Wassers, welcher Theil für die Bewegung selbst so gut als verloren ist.

199.

Die Berechnung des auf diese Weise Statt habenden Widerstandes ist vielen Schwierigkeiten unterworfen; es kann daher hier nur eine allgemeine Betrachtung der Größe dieses Widerstandes Platz finden, und gesagt werden, daß er sich richtet:

1. Nach der Größe und Gestalt der Fläche, welche das Hinderniß zu beseitigen sucht.
2. Nach der Dichte des Mittels, welches beseitiget wird.
3. Nach dem Quadrate der Geschwindigkeit des bewegten Körpers.

Im ersten Falle wird nämlich desto mehr Flüssigkeit aus dem Wege geräumt, je ausgedehnter die Fläche ist, die sich gegen die Flüssigkeit bewegt, wie die Richtung unserer

Windfahnen zeigt, die immer der strömenden Luft die kleinste Fläche darbiethen; im zweiten müssen von demselben Körper desto mehr Theile beseitiget, d. i. bewegt werden, je dichter das Mittel ist; im dritten müssen desto mehr Theile, und zwar mit desto größerer Geschwindigkeit ausweichen, je schneller der Körper sich bewegt. Die Mittel, welche uns zu Gebote stehen, um diesen Widerstand zu vermindern, lassen sich hieraus leicht abnehmen.

Drittes Kapitel.

Steifheit der Stricke.

200.

Ein anderes Hinderniß ist die Steifheit der Stricke, die beim Maschinenwesen fast unentbehrlich sind.

Jedes Seil widersteht nämlich der Biegung mit irgend einer Kraft, die daher angewendet werden muß, wenn es gebogen werden soll. Dieser Widerstand ist desto größer, je dicker das Seil, je kleiner der Durchmesser des Körpers, um welchen es gewickelt werden soll, und je größer das Gewicht ist, das es spannt. So fand Amontons bei einer Dicke des Seiles, das $\frac{1}{16}$ vom Durchmesser des Cylinders hatte, und einer Spannung von 100 Pfund die Steifheit = $4\frac{3}{4}$ Pf.

=	=	=	110	=	=	=	= $5\frac{1}{8}$	=
=	=	=	120	=	=	=	= $5\frac{5}{8}$	=
=	=	=	130	=	=	=	= $6\frac{1}{8}$	=
=	=	=	140	=	=	=	= $6\frac{5}{8}$	=
=	=	=	150	=	=	=	= 7	=
=	=	=	200	=	=	=	= $9\frac{3}{8}$	=
=	=	=	300	=	=	=	= $14\frac{1}{10}$	=

Nasse und überpichte Seile widerstehen mehr als trockene und nicht überpichte, stark zusammengedrehte mehr als locker gedrehte, schlangenförmig gewobene am wenigsten.

Vierter Abschnitt.

Von den Maschinen.

201.

Man würde in den wenigsten Fällen seinen Zweck erreichen, wenn die bewegende Kraft immer nur so an die zu bewegende Last angebracht werden könnte, daß die Richtung der Bewegung mit der Richtung der Kraft übereinstimmte, und daß die Last gerade dieselbe Geschwindigkeit erlangte, welche der Angriffspunct der Kraft hat. Man will oft durch einen Druck nach einer Seite eine drehende Bewegung hervorbringen, wie dieses an vielen Wasserrädern der Fall ist, und nicht selten aus einer drehenden Bewegung eine hin- und hergehende erzeugen; man wünscht oft eine Last viel schneller zu bewegen, als sich der Angriffspunct der Kraft bewegt, und umgekehrt. Eine Vorrichtung, mittelst welcher eine Kraft auf einen Punct außer ihrer Richtung anders wirkt, als dieses der Fall wäre, wenn sie unmittelbar an diesem Puncte angebracht wäre, heißt eine Maschine. Sie heißt insbesondere einfach, wenn keiner ihrer Bestandtheile selbst wieder eine Maschine ist, widrigenfalls zusammengesetzt.

An jeder Maschine bemerkt man zwei Kräfte, wovon

eine vorzugsweise Kraft heißt, während die andere Last genannt wird.

Erstes Kapitel.

Gleichgewicht der Kräfte an einfachen Maschinen.

202.

Man kennt sechs einfache Maschinen: den Hebel, die Rolle, das Wellrad, die schiefe Ebene, den Keil und die Schraube; sie lassen sich aber genau genommen, auf zwei zurückführen, nämlich auf den Hebel und auf die schiefe Ebene.

203.

Hebel heißt jede Stange, an deren einem Puncte die Kraft, am anderen die Last angebracht wird, während ein dritter Punct unterstützt ist, den man daher den Unterstützungspunct heißt. Ist diese Stange selbst schwer, so stellt sie einen physischen Hebel vor; ist sie aber nicht schwer, so heißt sie ein mathematischer Hebel. Liegen die Puncte, wo die Kraft und Last angebracht sind, an dem Unterstützungspuncte in einer geraden Linie, wie in ACB, (Fig. 88) so nennt man den Hebel einen geradlinigen, wo nicht, einen Winkelhebel, wie Fig. 89. Jeder dieser angeführten Hebel heißt zweiarmig, wenn der Unterstützungspunct zwischen der Kraft und Last liegt, wie Fig. 88, einarmig, wenn Kraft und Last ihm zu derselben Seite liegen, wie Fig. 90. Den Theil eines Hebels vom Unterstützungspuncte bis zu dem Orte, wo die Kraft oder die Last angebracht ist, nennt man Hebelarm.

204.

Bei jeder Gattung mathematischer Hebel kann nur dann ein Gleichgewicht herrschen, wenn die wirkenden Kräfte gleiche Momente haben, oder was einerlei ist, wenn sich die angebrachten Kräfte verhalten, wie verkehrt die Linien, die vom Unterstützungspuncte senkrecht auf die Richtungen der Kräfte gezogen werden. Wäre z. B. (Fig. 88) AB ein zweiarmiger Hebel, AP und BQ die auf ihn wirkenden Kräfte, C der Unterstützungspunct, CE senkrecht auf AP, CD senkrecht auf BQ; so wäre AP : BQ = CE : CD. Sobald die Kräfte parallel wirken, kann man statt den genannten senkrechten Linien die Hebelarme AC und BC setzen.

205.

Jeden physischen Hebel kann man als einen mathematischen ansehen, nur muß man sich sein ganzes Gewicht im Schwerpuncte vereinigt vorstellen, und das Moment dieses Gewichtes zum Momente der Kraft oder Last rechnen, je nachdem der Schwerpunct auf der Seite der Kraft oder Last liegt. Wäre z. B. (Fig. 91) AB ein zweiarmiger Hebel, der ein Pfund wiegt, so denket man sich dieses im Schwerpuncte D angehängt, den übrigen Theil des Hebels aber ohne Gewicht. Ist nun C der Unterstützungspunct, und beträgt AC 6 Zoll, DC aber 2 Zoll, so wird das Moment der Kraft um 2 wegen der Schwere des Hebels vergrößert werden müssen. Ist die in A wirkende Kraft 2 Pfund, die in B mit der vorigen parallele 4 Pfund, so muß das Moment der letzteren Kraft 2 × 6 und 2 × 1, mithin gleich 14 seyn. Liegt der Schwerpunct im Unterstützungspuncte, so kann ein Hebel ohne weiteren als ein mathematischer betrachtet werden, weil

sein Gewicht weder der Kraft, noch der Last zu Gute kommt, sondern nur einen Druck auf den Unterstützungspunct hervorbringt.

206.

Auf dem Gesetze des Gleichgewichtes der Kräfte an einem zweiarmigen Hebel beruhet unsere Krämerwage und Schnellwage.

Die Krämerwage besteht aus einem Wagebalken AB (Fig. 92). Auf der Mitte des Balkens steht eine Zunge DE senkrecht empor, die zwischen einer Scheere spielt, welche die Pfannen für den Wagebalken enthält, und am oberen Ende frei aufgehängt werden kann. In A und B hängen an Schnüren oder Ketten, wohl auch an unbiegsamen Dräthen die Wagschalen so, daß sie sich leicht nach jeder Richtung bewegen können.

207.

Wenn man von einer Wage nichts weiter verlangt, als daß sie bei gleicher Belastung beider Schalen im Gleichgewichte stehen soll; so darf man nur darauf sehen, daß die beiden Arme des Wagebalkens gleich lang und gleich schwer sind. Will man aber, wie es die Bequemlichkeit des Gebrauches stets fordert, daß der Balken noch dazu bei einer gleichen Belastung nur in einer horizontalen Lage ruhet, und bei jeder Ungleichheit derselben von dieser Lage um so mehr abweicht, je größer das Uebergewicht auf einer Seite ist; so muß bei der Einrichtung der Wage auch noch darauf gesehen werden, daß der Schwerpunct C des Wagebalkens unterhalb seiner Axe liege, und daß die gerade Linie AB, welche die Aufhängungspuncte der Schalen mit einander

verbindet, zwischen C und D durchgehe. Zieht man die Linie CD, und bezeichnet den Punct E, wo CD von AB geschnitten wird, so lehrt die Rechnung, daß der Winkel, um welchen der Wagebalken bei einer ungleichen Belastung von seiner horizontalen Lage abweicht, das ist der Ausschlagwinkel, desto größer sey, je größer die gesammte Belastung, je größer das Uebergewicht auf einer Schale, je länger der Wagebalken ist, und je näher die Puncte C, E, D einander liegen.

208.

Eine unrichtige Wage wird auch bei einer ungleichen Belastung der Arme horizontal stehen können. Um in einem solchen Falle die Unrichtigkeit zu entdecken, darf man nur die beiden Belastungen mit einander verwechseln. Steht der Balken nach dieser Verwechslung noch horizontal, so ist die Wage richtig, wo nicht, so ist sie unrichtig. Man kann aber selbst mit einer falschen Wage das Gewicht eines Körpers finden, wenn man ihn auf eine Wagschale legt, und auf die andere so viel Tara, bis beide im Gleichgewichte stehen, hierauf den zu wägenden Körper wegnimmt, und ihn durch Gewichte ersetzet. Diese geben das Gewicht des Körpers an.

209.

Die Schnellwage ist eigentlich ein ungleichartiger Hebel. An seinem kürzeren Arme CA (Fig. 93) ist ein Haken angebracht, an welchem man die Waare aufhängt, es kann aber statt des Hakens auch eine Schale seyn; am längeren Arme befindet sich ein verschiebbares Gewicht, der Laufer genannt, welches beim Gebrauche so weit von dem Aufhängungspuncte entfernt wird, bis es mit der in A angehängten Waare im

Gleichgewichte steht. Bleiben die beiden Arme ohne Belastung im Gleichgewichte; so heißt die Wage eine mathematische Schnellwage; findet dieses nicht Statt, so heißt sie eine physische. Bei jener werden die Eintheilungspuncte des längeren Armes dadurch bestimmt, daß man die Länge CA so oft auf den längeren Arm überträgt, als dieses angeht. Daher übertrifft die Waare das Gewicht des Laufers so vielmahl, als die Entfernung des Laufers von C die CA enthält. Bei der physischen Schnellwage muß durch die Erfahrung ein für allemahl ausgemacht werden, wie groß die Last ist, die dem Laufer bei einer bestimmten Stellung das Gleichgewicht hält.

210.

Die mathematische Schnellwage hat vor der physischen den unverkennbaren Vorzug, daß man jeden beliebigen Laufer anwenden, mithin zur Bestimmung großer Lasten einen größeren, zur Bestimmung kleiner einen kleineren brauchen kann. Beide, sowohl die mathematische als die physische, sind überhaupt sehr zu empfehlen, wo große Lasten gewogen werden sollen. Sie sind viel leichter zu brauchen, weil man das Gewicht nicht wie bei der Krämerwage heben, sondern nur verschieben darf; man reichet mit weniger Platz aus, braucht keine so große Anzahl von Gewichten, wie bei der Krämerwage, und weil die Belastung des Balkens kleiner ist, als bei dieser, so ist auch ihre Reibung an den Zapfen geringer, und deßhalb auch ihre Anzeige richtiger.

211.

Zu den einfachen Maschinen zählt man auch die Rolle. Diese ist eine an ihrem Umkreise mit einer Rinne versehene

kreisrunde Scheibe, die sich entweder nur um ihre Axe oder zugleich mit ihr bewegen läßt. Im ersten Falle heißt sie eine feste, im zweiten eine bewegliche Rolle. Letztere ist gewöhnlich in einem Kloben eingemacht, wie Fig. 94 zeigt.

212.

Die feste Rolle ist eigentlich ein Hebel mit gleichen Armen; es muß daher im Stande des Gleichgewichts die Kraft der Last gleich seyn. Wenn auch bei dieser Rolle kein Gewinn an Kraft erreicht wird, so findet sie doch häufige Anwendungen, weil man mittelst ihr den Kräften eine vortheilhafte Richtung geben kann. Man hebt z. B. auf diese Art eine Last durch einen abwärts oder horizontal gerichteten Zug.

213.

Die bewegliche Rolle ist ein Hebel von ungleichen Armen. Heißt die vom Mittelpuncte herabhängende Last Q (Fig. 94), die an dem Stricke ziehende Kraft P, und ist das andere Ende des Strickes in A befestiget; so stellt das Ganze den Hebel BC vor, in welchem B, wo der Strick die Rolle verläßt, der Unterstützungspunct ist, während die Last in E, die Kraft in C wirket. Man kann beweisen, daß sich beim Gleichgewichte die Kraft zur Last verhalten muß, wie der Halbmesser der Rolle zur Sehne des vom Stricke umfaßten Bogens. Sind die Theile des Strickes mit einander gleichlaufend, so wird dieses Verhältniß 1 zu 2, oder man hält einer Last das Gleichgewicht durch eine Kraft, die nur halb so groß ist als die Last.

214.

Das Wellrad ist eine einfache Maschine, die aus einem Cylinder besteht, der mit einer Scheibe oder einem Rade,

oder nur mit hervorragenden Stöcken versehen ist. Gewöhnlich wirkt eine Kraft am Umfange des Cylinders (der Welle), die andere am Umfange des Rades, so daß die ganze Vorrichtung als ein Hebel erscheint, dessen ein Arm durch den Halbmesser der Welle, der andere durch den Halbmesser des Rades vorgestellt wird, und mithin Gleichgewicht herrscht, wenn die Bedingungen so vorhanden sind, wie beim Hebel. Es wird sich daher die Kraft zur Last verhalten müssen, wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades.

215.

Die schiefe Ebene ist die zweite einfache Maschine, deren Erklärung nicht von einer anderen abgeleitet werden kann.

Ist (Fig. 9) AC ein Durchschnitt einer solchen Ebene, AB ihre Höhe, BC ihre Basis, und D ein darauf befindlicher schwerer Körper, dessen Schwerpunct sich in D befindet; so kann man sich das Gewicht dieses Körpers durch die verticale Linie DE vorstellen, und sie in zwei Kräfte auflösen, wovon eine, nämlich DF, auf der schiefen Ebene senkrecht steht, während die andere FE mit ihr parallel lauft. Es ist klar, daß sich der Körper vermög der Kraft FE über die schiefe Ebene bewegen würde, und daß daher eine Kraft, die diese Bewegung hindern soll, es nur mit der Kraft FE zu thun hat. Man kann leicht beweisen, daß das Verhältniß der Kraft zur Last verschieden ausfallen muß, je nachdem die Richtung der Kraft beschaffen ist. Wirkt diese mit der Länge der schiefen Ebene parallel, so verhält sich im Gleichgewichte die Kraft zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge;

wirkt sie aber mit der Grundfläche parallel, so ist dieses Verhältniß, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Basis.

216.

Einen Keil CBD (Fig. 95) kann man so betrachten, als bestünde er aus zwei schiefen Ebenen CAB und DAB, die eine gemeinschaftliche Basis AB haben. AB heißt man seine Länge, CD seine Breite oder den Kopf des Keils. Wenn man einen Keil braucht, so wirkt die Kraft mit der Basis der schiefen Ebenen parallel. Deßhalb wird sich im Gleichgewichte die Kraft zur Last verhalten, wie der Kopf des Keils zu seiner Länge.

217.

Der Zustand des Gleichgewichtes der Kräfte im Keile findet bei unseren Gewölben Anwendung; denn man kann jedes Gewölbstück als einen Keil, und mithin das ganze Gewölbe als einen aus lauter Keilen bestehenden Körper betrachten. Die Masse, von welcher der unterste Theil des Gewölbes getragen wird, heißt die Widerlage.

Ist AB (Fig. 96) eine verticale Mauer, BC eine horizontale Ebene, CcAa ein Stück eines Gewölbes, das aus den einzelnen Gewölbsteinen DdAa, EeDd, FfEe besteht, und die Widerlage FfCc hat, so wird dann Gleichgewicht herrschen, ohne einer Verbindung der Steine durch Mörtel oder Haken, wenn das Gewicht jedes einzelnen Steines durch die Mauer AB und die Widerlage CcFf aufgehoben wird. Ist z. B. P der Schwerpunct des obersten Steines (Schußsteines), so zieht daselbst sein ganzes Gewicht nach der verticalen Richtung Px abwärts, und man kann es in zwei Kräfte Pp und Pq zerlegen, wovon jene auf AB,

diese auf Dd senkrecht steht. Eben so läßt sich das Gewicht des Steines DdEe, welches in seinem Schwerpuncte Q nach Qy abwärts zieht, in zwei Kräfte zerlegen, wo wieder eine, Qq auf Dd, die andere, Qr auf Ee senkrecht steht. Dieses geht so fort, bis zur Widerlage FfCc, die selbst durch den Boden BC getragen wird. Die Kraft Pp wird durch die Wand AB, die Kraft Pq durch Qq, Qr durch eine gleiche und entgegengesetzte des Steines EeFf u. s. f. aufgehoben, und es steht alles im Gleichgewichte. Die Mauer AB muß also den Druck Pp, welcher sie um eine horizontale Axe zu drehen sucht, aushalten können. Es würde aber gewiß der Erfolg derselbe bleiben, wenn man statt der Mauer AB ein anderes Gewölbe AC′c′a anbrächte, das durch seinen Gegendruck die auf AB gerichtete Kraft aufheben kann.

218.

Denkt man sich eine schiefe Ebene um einen Cylinder einigemahl herumgewickelt, so entsteht dadurch eine Schraube mit Gängen, deren Abstand der Höhe der schiefen Ebene gleich kommt, während der Durchmesser derselben der Grundlinie des Durchschnittes der schiefen Ebene gleicht. Bei einer Schraube wirkt die Kraft nach der Richtung der Tangente des Schraubencylinders, während die Last mit dem Abstande der Schraubengänge parallel lauft; es wird sich daher im Stande des Gleichgewichtes die Kraft zur Last verhalten, wie der Abstand zweier Schraubengänge zum Umfange des Cylinders.

219.

Der Schraube bedient man sich, um etwas zu befestigen,

zusammenzupressen, oder zu erhöhen. Nach Verschiedenheit dieses Zweckes ist auch ihre Einrichtung verschieden.

Zweites Kapitel.

Gleichgewicht der Kräfte an zusammengesetzten Maschinen.

220.

Es gibt zwei Gattungen zusammengesetzter Maschinen; ihr Unterschied besteht bloß in der Art der Zusammensetzung. Bei einer Gattung wirken nämlich die einzelnen Maschinen mit einander, bei der anderen durch einander; bei jener kann sich ein Theil bewegen, ohne daß dadurch eine Bewegung in den übrigen Theilen hervorgebracht wird; bei dieser bringt die Bewegung eines Theiles eine Bewegung der ganzen Maschine hervor. Ein Beispiel von jener geben Stampfmühlen, von dieser was immer für ein Räderwerk. Hier soll nur von der letzteren Gattung gehandelt werden.

221.

Um von der Berechnung des Verhältnisses der Kraft und Last, welches beim Gleichgewichte zusammengesetzter Maschinen der zweiten Gattung Statt findet, einen Begriff zu bekommen, stelle man sich den zusammengesetzten Hebel (Fig. 97) vor, der aus den drei einfachen Hebeln ab, cd, ef besteht, deren Ruhepuncte in g, h, k sind, während in a die Kraft, in f die Last wirkt. Da im ersten Hebel in a die Kraft ist, so wirkt die Last in b; weil aber dieser Punct mit c verbunden ist, so ist die Last des Hebels

ab, Kraft beim Hebel cd, die Last in diesem ist wieder Kraft im Puncte e des Hebels ef, und so weiter.

Es wird daher im ganzen Apparate der Gewinn oder Verlust an Kraft so groß seyn, als das Product aus dem Gewinne oder Verluste der einzelnen Bestandmaschinen. Man kann daher die Rechnung sehr einfach führen, indem man die Verhältnisse der Kraft zur Last bei jeder einfachen Maschine unter einander schreibt, und sie dann Glied für Glied mit einander multiplicirt. Einige Beispiele werden das Ganze erläutern.

Ist beim obigen Hebel das genannte Verhältniß

des Hebels	ab,	2 : 3
„ „	cd,	4 : 5
„ „	ef,	1 : 2 so ist das Verhältniß
der ganzen Maschine		8 : 30 oder 4 : 15.

Die sogenannte Schraube ohne Ende (Fig. 98) besteht aus dem Wellrade A, wo der Halbmesser der Welle ab 2 Zoll, und der des Rades ac 14 Zoll seyn soll, und aus der Schraube B, in welcher der Abstand zweier Schraubengänge $\frac{1}{6}$ Zoll ist, während der Umfang des Cylinders 24 Zoll beträgt;

Es ist daher die Kraft zur Last beim Wellrade	2 :	14
„ „ „ „ bei der Schraube	$\frac{1}{6}$:	24
Mithin bei der ganzen Maschine	$\frac{2}{6}$:	346
oder	1 :	1038.

Wenn bei einem Rade an der Welle das Verhältniß der Kraft zur Last ist, wie 1 zu 4; so ist dieses bei einer Rädermaschine, die aus vier solchen Wellrädern besteht, wie Fig. 99, 1 zu 266.

Drittes Kapitel.

Bewegung der Maschinen.

222.

Wenn bei einer Maschine kein Hinderniß der Bewegung vorhanden wäre, so müßte sie sich bewegen, wenn das Moment der Kraft, welche auf sie wirkt, nur um ein geringes größer wäre, als das Moment der Last; wenn aber auch widerstehende Kräfte ins Spiel kommen, wie dieses bei allen unseren Maschinen der Fall ist, so muß auch ein Theil der bewegenden Kraft dazu verwendet werden, den Hindernissen das Gleichgewicht zu halten. Daher wird eine Maschine erst dann in Bewegung kommen, wenn das Moment der bewegenden Kraft größer ist, als die Momente der Last und der Hindernisse zusammen genommen. So bewegt sich ein Hebel, woran das Moment der Last 20, das der Hindernisse 5 ist, erst dann, wenn das Moment der Kraft größer ist als 25. Bestünde eine Maschine aus einer nicht trägen Masse, die es freilich in der Natur nicht gibt, so müßte die Geschwindigkeit, mit der sie sich bewegt, der Kraft proportionirt seyn, welche übrig bleibt, wenn man von der ganzen bewegenden Kraft den Theil wegnimmt, der nothwendig ist, um der Last und den Hindernissen der Bewegung das Gleichgewicht zu halten; bei unseren Maschinen, die aus einer trägen Masse bestehen, muß sich aber diese Kraft unter die ganze zu bewegende Masse vertheilen. Deßhalb hängt die Geschwindigkeit einer Maschine mitunter auch von der Größe der bewegten Masse ab, und wird bei übrigens gleichen Umständen desto

kleiner, je größer diese Masse ist. Hätten alle Theile der Maschine dieselbe Geschwindigkeit, so wäre es ein leichtes, die Masse in Rechnung zu bringen; da aber dieses nicht der Fall ist, und bei jeder Maschine verschiedene Theile auch eine verschiedene Geschwindigkeit haben, so ist es nicht so leicht, und man kann nur durch höhere Rechnungen zum Ziele gelangen.

223.

Da bei den meisten Maschinen die bewegende Kraft anhaltend wirkt, so müßte ihre Geschwindigkeit beständig zunehmen, und ihre Bewegung beschleunigt ausfallen, wenn nicht die Hindernisse mit der Geschwindigkeit wüchsen; denn schon durch den ersten Stoß, den die bewegende Kraft ausübt, entspringt eine ihr proportionirte Geschwindigkeit, und diese müßte, wegen der Trägheit der Materie, ununterbrochen fortdauern, wenn nicht hindernde Umstände einträten; vermöge der im folgenden Augenblicke von neuem erfolgenden Wirksamkeit der Kraft müßte die Geschwindigkeit doppelt werden, und so fort, woraus nothwendig eine gleichförmig beschleunigte Bewegung entspränge. Allein die Erfahrung lehrt, daß eine Maschine (wie man am besten an einer Mühle, oder an einem Bratenwender sehen kann) nur gleich Anfangs eine zunehmende Geschwindigkeit hat, aber sehr bald eine Geschwindigkeit erreicht, mit der dann die Bewegung unverändert fortgesetzt wird, so lange alle Umstände dieselben bleiben. Man sagt dann die Maschine sey im Beharrungszustande.

224.

Wenn bei einer Maschine das Moment der Kraft oder

der Last, oder der Reibung veränderlich ist, so kommt sie im eigentlichen Sinne nie in einen Beharrungszustand, weil ihre Bewegung, streng genommen, nie gleichförmig ist. Von der Art sind alle Werke, wo die Bewegung mittelst einer Kurbel hervorgebracht wird. Diese wird nämlich entweder durch Menschen mit der Hand, oder mit Beihülfe einer beweglichen Stange durch eine Kraft, die stets nach derselben Richtung wirkt, herumgedreht, wie z. B. beim Hornhaspel, bei Spinnrädern, Drehstühlen. Im ersten Falle kann der Mensch nicht bei jeder Stellung der Kurbel eine gleiche Kraft ausüben, indem er bald drücken, bald schieben, bald ziehen, bald heben muß; im zweiten Falle ist selbst bei einerlei Wirksamkeit der Kraft ihr Moment verschieden, wie man aus Fig. 100 sieht, wo bei der horizontalen Stellung der Kurbel ab die Entfernung der vertical wirkenden Kraft vom Ruhepuncte a, ab ist, während sie bei der Stellung der Kurbel ac und ae nur ad und af ist. Stampfmühlen gewähren ein anderes Beispiel einer solchen Maschine, besonders wenn nicht immer gleich viele Stämpfer gehoben werden, Räderwerke von ungleich ausgearbeiteten Zähnen ein drittes.

225.

Wenn eine Maschine, durch welche irgend eine Bewegung hervorgebracht werden soll, zu beurtheilen ist, so muß man sie in ihrem Beharrungszustande betrachten, und die Wirkung berücksichtigen, welche sie in einer gewissen Zeit hervorbringt. So mannigfaltig auch diese Wirkungen seyn mögen, so kann man doch jede so betrachten, als wenn durch sie ein gegebenes Gewicht in einer gewissen Zeit auf eine gewisse Höhe gehoben würde, und man sagt, eine Maschine

sey desto vollkommener eingerichtet, je größer dieses Gewicht ist, und je schneller es gehoben wird. Man nennt das Product aus dem Gewichte, das gehoben wird, in den Raum, durch den es in einer gewissen Zeit steigt, den Effect der Maschine. Dabei darf man aber nicht vergessen, daß in derselben Maschine die Größe des gehobenen Gewichtes und die Geschwindigkeit, womit es gehoben wird, oder was einerlei ist, die Höhe, auf welche es in einer gewissen Zeit steigt, im verkehrten Verhältnisse stehen. So wie man ersteres vergrößert, erleidet das zweite Abbruch, und umgekehrt. Um nun die jedem einzelnen Zwecke gemäße Geschwindigkeit hervorzubringen, muß eine Maschine gehörig eingerichtet seyn. Diese Einrichtung muß sich natürlich unter andern auch nach der Beschaffenheit der Kraft richten, die man zur Bewegung der Maschine anzuwenden gedenkt. Deßhalb folgen hier die einfachen und auch einige zusammengesetzte Maschinen mit der Angabe der Einrichtung, die sie für die früher betrachteten Kräfte haben sollen.

226.

Den Hebel erblicken wir in vielen unserer gewöhnlichen Geräthschaften, z. B. in den Schaufeln, Scheeren, Zangen, den Clavierhämmern, Rudern, an den sogenannten Hebladen u. s. w. Man wird daher wohl begreifen, wie jedes dieser Werkzeuge am vortheilhaftesten gebraucht wird. Will man zum Beispiele mit einer Schaufel viel auf einmahl heben, so muß man sie mit einer Hand am Ende des Stiels, mit der anderen nahe gegen die Schaufel angreifen; je schneller man etwas heben will, desto weiter rückt man mit den Händen gegen das Stielende. Eben so erkennt man leicht, warum

man Papierscheeren, die keinen großen Widerstand zu überwinden haben, so lange an der Schneide und so kurz an den Ringen macht, und warum Blechscheeren gerade die entgegengesetzte Einrichtung haben; warum man an Clavierhämmern den Arm, der an die Saiten anschlägt, viel länger seyn läßt, als denjenigen, der von den Fingern der Spielenden berührt wird, u. s. w.

227.

Hebladen dienen, um Lasten auf eine geringe Höhe zu heben, z. B., um sie auf einen Wagen zu laden, wohl auch um Baumstämme und Wurzeln auszureißen.

Zum ersten Zwecke dient vorzüglich die Leupold'sche, zum zweiten die Polhem'sche Heblade.

228.

Die Leupold'sche Heblade besteht aus einem festen Balken AB (Fig. 101), der zwei Reihen Löcher hat, die so angebracht sind, wie die Zeichnung zeigt Die Entfernung eines von dem andern in derselben Reihe liegenden mag 6 Zoll betragen. Durch eines derselben, z. B. durch a, geht ein starker eiserner Bolzen, der so weit über die Fläche des Balkens hervorragt, daß der Hebel cd darauf liegen kann, an dessen Ende D die Last mittelst eines starken Hakens angebracht ist. Drückt man bei C auf den Hebel, damit sich sein anderer Arm über das Loch b erhebe, so kann man durch b einen zweiten Bolzen stecken, und den ersteren aus a herausnehmen. Läßt man nun mit dem Drucke ein wenig nach, damit der Hebel über c stehe, so kann man den Bolzen wieder in c einstecken, und so die Last heben, indem man den Hebel bald auf dem in die erste, bald auf dem in die zweite Löcher-

reihe gesteckten Bolzen ruhen läßt. Häufig verbindet man zwei Balken, wie AB so mit einander, daß sie eine schmale Rahme bilden, und der Bolzen an beiden Enden in den Löchern der Balken stecken kann.

229.

Die Polhem'sche Heblade (Fig. 102) besteht aus zwei starken Pfosten, welche oben und unten durch Querpfosten zu einer Rahme verbunden sind, damit die Hebstangen dazwischen kommen können. Die Seitenpfosten sind schief durchbohrt. In zwei der Löcher kommen eiserne Bolzen, auf welche ein etwa 12 Fuß langer Hebel AB gelegt wird. Auf diesen kommt erst die eigentliche Hebstange CD, die eine Länge von 12 bis 16 Fuß hat.

Beim Gebrauche wird diese Hebstange an einem Ende auf den auszureißenden Stock gelegt, und eine breite, von der Erde zum Theil entblößte starke Wurzel mittelst Stricken in einer kleinen Entfernung vom Ende befestiget; man kann aber auch eine eigene Unterlage für die Hebstange anwenden. Das andere Ende der Hebstange ruht auf dem Hebel, der von den eisernen Bolzen getragen wird.

Hebt man nun diesen Hebel abwechselnd auf einer, und dann auf der anderen Seite der Rahme so weit auf, daß man den Bolzen um ein Loch höher stecken kann, so ist man im Stande, die stärksten Baumstöcke, ja selbst 20 Fuß hohe Bäume auszureissen.

230.

Eine äußerst sinnreiche Verbindung von Hebeln, die durch Wasserdruck bewegt werden, ist die Aldinische Wassermaschine (Fig. 103). A ist ein Wasserkasten, der am Bo-

den eine Klappe a hat, die sich von unten nach oben öffnet. BC ist ein zweiarmiger Hebel, dessen Ruhepunct in D ist, und der in B eine Schaufel zur Aufnahme des Wassers hat. Auf dieser Schaufel steht ein Stift bc in die Höhe, mittelst welchen das Ventil a geöffnet wird, wenn er an dasselbe anstoßt. Durch EF ist dieser Hebel mit einem anderen zweiarmigen GH verbunden, der in G ebenfalls eine Wasserschaufel hat. Wie nun BC in die Höhe gestoßen und dadurch a geöffnet wird, füllt sich die Schaufel des zweiarmigen Hebels mit Wasser, sinkt durch das Gewicht desselben, und schüttet es, wenn sie schief steht, auf die Schaufel G des zweiten Hebels. Nun sinkt dieser durch den Druck des Wassers, und hebt dadurch wieder den ersten Hebel BC, damit er durch den Stift bc das Ventil a von neuem öffne, und so die Bewegung der beiden Hebel so lange fortgesetzet werde, als A Wasser enthält. Mittelst der Stange K, und der beweglichen Krücke LM kann die Bewegung des Hebels CB einem Rade oder einer anderen Vorrichtung mitgetheilt werden.

231.

Rollen und ihre Verbindungen unter einander werden sehr häufig als Hebzeuge gebraucht. Fig. 104 stellt einige solche Verbindungen (Rollenzüge) vor.

232.

Das Rad an der Welle erscheint unter den mannigfaltigsten Formen in seiner Anwendung. Alle Gattungen Räder, die Haspeln, Göpel, Winden ꝛc. gehören zu dieser Maschine.

233.

Ein Haspel heißt Berg- oder H o r n h a s p e l, wenn die Welle, die hier der Rundbaum heißt, an einem oder an bei-

den Enden eine Kurbel hat, und horizontal liegt, wie Fig. 105 zeigt. Um den Rundbaum geht ein Seil, an dessen Ende die Last, angebracht, und mittelst einer Kraft an dem Haspelhorne (der Kurbel) heraufgezogen wird. An seinen Enden liegt er auf den Haspelstützen. Die Länge des Rundbaumes richtet sich nach der Länge des umzuwickelnden Seiles, bei dem man immer darauf sieht, daß es sich nicht überwickelt, mithin nach der Tiefe, aus welcher eine Last gehoben werden soll. Seinen Durchmesser bestimmt die Größe der Last und die Stärke der Ziehkraft. Er beträgt gewöhnlich 6 — 10 Zoll.

Die Höhe der Haspelstützen darf nicht über $\frac{6}{10}$ der Mannshöhe betragen, wenn die Kurbel von Menschenhänden bewegt werden soll. Die Kurbel selbst soll keine größere Länge haben, als $\frac{3}{4}$ der Länge eines Menschenarmes, weil sonst die Stellung des Arbeiters zu unbequem, mithin nachtheilig für die Arbeit ausfällt.

Sind an beiden Enden Kurbeln angebracht, so müssen sie so gestellt seyn, daß eine derselben aufwärts gerichtet ist, wenn die andere nach unten steht, damit immer einer von den beiden, welche die Kurbeln drehen, die größte Kraft ausüben kann, wenn der andere sich in der nachtheiligsten Stellung befindet.

234.

Ein Kreuzhaspel unterscheidet sich vom Hornhaspel nur dadurch, daß er statt der Kurbel kreuzweis durch den Rundbaum gesteckte Stangen hat, wie Fig. 106 zeigt. Die Stangen sollen nicht länger seyn, als daß ein Mann bequem von einer zur anderen langen kann. Man thut gut, wenn man

in den Wellbaum eiserne Zapfen einschlägt, und sie in messingenen Pfannen laufen läßt.

Weil beim Kreuzhaspel die Arbeiter immer eine Kreuzstange fassen, und dann wieder auslassen und eine andere ergreifen; so kann die bewegende Kraft nur sprungweise wirken, und man kann diesen Haspel nur da mit Nutzen anwenden, wo dieses nicht schadet, wie z. B. beim Wasser schöpfen.

235.

Der Radhaspel hat statt der Kreuzstangen ein Rad, an dessen Umfange Stäbe, wie verlängerte Halbmesser hervorstehen. Ihre Länge beurtheilt man wie beim Kreuzhaspel. Siehe Fig. 107.

236.

Die Erdwinde unterscheidet sich vom Kreuzhaspel bloß dadurch, daß der Rundbaum vertical steht, und daß meistens mehr als vier Kreuzstäbe hervorstehen, deren jeder durch eine Person bewegt werden kann. Wo man viele Menschen an eine solche Winde anstellen muß, und leicht der Fall eintreten kann, daß einer oder der andere nachlässig wirkt, und dieses dennoch aus dem Erfolge nicht alsogleich erkennbar ist; da befestiget man die Kreuzstangen mittelst Federn an die Welle. So wie der Arbeiter angreift, muß er erst die Feder so weit biegen, daß sie an ein Hinderniß ansteht, welches an einem eigenen Kranze angebracht ist, in dessen Ebene die Kreuzstäbe liegen. Wirkt nun ein Arbeiter nachlässig, so biegt er die Feder nicht hinreichend, und sein Hintermann tritt ihm so nahe, daß er an seinen Fuß anstoßt, und ihn dadurch zur größeren Thätigkeit anspornt.

237.

Das Laufrad ist ein verticales Rad mit zwei Kränzen, welche am äußeren Umfange einen Boden mit oder ohne aufgenagelten Leisten haben. In dieses kann ein Mensch steigen, und es durch Fußtritte bewegen; man kann aber auch ein Thier zu demselben Zwecke verwenden. Siehe Fig. 108.

Die Höhe des Rades soll so groß seyn, daß ein Thier oder ein Mensch nicht ganz bis zur Welle reicht, wenn er im Innern des Rades steht. Man reicht für Menschen mit einer Höhe von 14 Fuß gewöhnlich aus. Eben so muß sich auch die Breite nach der des Thieres richten. Man rechnet für einen Menschen 21 Zoll, für zwei Menschen 45, für ein Pferd 36, für zwei Pferde 72, für einen Ochsen 48 Zoll Breite.

Thiere und Menschen wirken im Laufrade bloß durch ihr Gewicht. Dieses kann aber nur dann eine Bewegung hervorbringen, wenn es nicht auf den untersten Theil des Rades wirkt, und es trägt desto mehr zur Bewegung desselben bei, je größer die Schrittweite des Menschen oder des Thieres ist. Allein, da weitere Schritte wieder langsamer gemacht werden als engere, so muß es eine Schrittweite geben, bei welcher die Wirkung am größten ausfällt. Als solche findet man für Menschen, die von 19°, für Ochsen und Pferde, die von 15°. In diesem Falle wirkt ein Mensch so, als wenn sein halbes Gewicht am Ende des horizontalen Radhalbmessers angebracht wäre. Setzt man den Effect eines Menschen bei dieser Maschine 1, so ist der eines Pferdes 6, eines Ochsen $1\frac{7}{8}$.

238.

Ein Rad mit zwei Kränzen und dazwischengesetzten Bretstücken (Spillen), so daß es ein Mensch oder ein Thier durch Treten von außen umdrehen kann, heißt ein Tretrad. Der übrige Bau ist verschieden, je nachdem es ein Mensch oder ein Thier bewegt. Im ersteren Falle wird seitwärts ein Gerüst angebracht, an welches sich der Tretende mit den Händen anhält, während er die Schaufeln des Rades mit den Füßen in Bewegung setzt. Ein Mensch wirkt da so, als wenn $\frac{7}{8}$ seines Gewichtes am Umfange des Rades senkrecht auf dem horizontalen Halbmesser desselben angebracht wären. Ein Thier kann auf ein solches Rad nur mit den Vorder- oder Hinterfüßen allein wirken. Deßwegen muß das Rad oben ein Gerüst haben, an dem eine Oeffnung ist, durch welche das Thier mit zwei Füßen auf das Rad gelangen kann, während die zwei anderen einen festen Stand haben. Man kann bei dieser Einrichtung kaum das halbe Gewicht des Thieres als wirksam betrachten. (Fig. 109.)

239.

Die Tretscheibe (Fig. 110) ist ein schief stehendes Rad mit einem breiten, auf der Axe senkrecht stehenden Kranze, an welchem Leisten aufgenagelt sind, um dem Thiere, welches das Rad bewegen soll, wie eine Treppe zur Stütze zu dienen. Die Neigung des Rades gegen den Horizont beträgt gewöhnlich 15 — 20 Grade.

Man wählt zur Bewegung solcher Tretscheiben am liebsten Ochsen oder Pferde. Das Thier wird an einen, außerhalb der Scheibe errichteten Pfahl angehängt, damit es seine Stelle nicht ändern kann, und durch sein Gewicht die

Scheibe bewegen muß. So wie sich diese dreht, ist es gezwungen vorwärts zu schreiten, und so die Scheibe im Gange zu erhalten.

240.

Um die Kraft zu finden, mit der ein Thier an einer solchen Maschine wirkt, darf man sich nur unter AB (Fig. 111) die Scheibe, unter ABC den Winkel vorstellen, den sie mit dem Horizonte BC macht. Ist GE das Gewicht des Thieres, so löset man es in zwei Kräfte GF und GD auf, wovon eine auf der Scheibe senkrecht steht, während die andere mit ihr parallel lauft. Erstere wird durch den Widerstand der Scheibe aufgehoben, und letztere bleibt zur Bewegung derselben übrig. Wenn $ABC = 15^\circ$ ist, so wirken vom Gewichte des Thieres nur $\frac{13}{50}$ auf die Scheibe.

241.

Außer diesen Wellrädern, die meistens durch Muskelkraft bewegt werden, gibt es noch andere, bei denen der Druck oder der Stoß des Wassers und der Luft als bewegende Kraft wirkt. Dahin gehören unsere gewöhnlichen Wasserräder und die Flügel der Windmühlen.

242.

Die Wasserräder sind entweder unterschlächtige, oder oberschlächtige, oder horizontale Räder. Bei den ersteren wirkt das Wasser von unten auf eigens dazu bestimmte Schaufeln durch den Stoß; bei den zweiten fällt es von oben auf das Rad, sammelt sich in eigenen Kästen, und dreht es theils durch den Druck, theils durch den Stoß; bei den letzteren wirkt auch das Wasser von oben als Stoßkraft, aber es fällt auf die Schaufeln schief, und bewirkt dadurch das Umdrehen des Rades.

243.

Wenn die Schaufeln eines unterschlächtigen Wasserrades am Umfange eines einzigen Kranzes angebracht sind, so heißt es ein Strauberad (Fig. 112); befinden sie sich zwischen zwei Kränzen wie Fig. 113, so nennt man es Staberad; kann ein solches Rad erhöht oder gesenkt werden, so wird es Pansterrad genannt, und zwar Stockpanster, wenn das Zapfenlager mittelst eines Hebels erhöht, und durch Bolzen in einer bestimmten Höhe erhalten wird, hingegen Ziehpanster, wenn es durch Ketten in die Höhe gezogen wird. Unterschlächtige Wasserräder hängen entweder frei im Wasser, wie man bei unseren Schiffmühlen sehen kann, oder sie gehen zwischen zwei verticalen Wänden, die ein Gerinne bilden. Ist der Boden dieses Gerinnes eben, so heißt es ein Schuß- oder Schnurgerinne; ist er aber unter dem Rade gekrümmt, so nennt man es Kropfgerinne, und die Biegung desselben die Kröpfung.

244.

Bei den unterschlächtigen Wasserrädern wirkt das Wasser durch den Stoß. Die Stärke dieses Stoßes läßt sich nach 169 berechnen, wenn die Geschwindigkeit des anstoßenden Wassers, die Geschwindigkeit, mit der die Schaufeln ausweichen, und die Größe der Stoßfläche gegeben ist, und ist immer gleich dem Gewichte einer Wassersäule, welche die Stoßfläche zur Basis, und eine Höhe hat, die dem Unterschiede der Geschwindigkeit des Wassers und der Stoßfläche nach der Tafel I entspricht; vorausgesetzt, daß sich das Rad in einem Canale bewegt, dessen Breite viel beträchtlicher ist, als die Länge

der Stoßfläche. Bewegt sich das Rad in einem Gerinne so, daß seitwärts kein Wasser entweichen kann, ohne an die Schaufeln zu stoßen, so ist der Stoß dem doppelten Gewichte der genannten Wassersäule gleich. Dieses gibt dem Practiker den nützlichen Wink, ein unterschlächtiges Wasserrad immer in einem Gerinne laufen zu lassen, und die Schaufeln ja nicht kürzer zu machen, als nothwendig ist, um ihnen eine freie Bewegung im Gerinne zu verschaffen.

Mit der Größe des Stoßes auf die Schaufeln muß man aber die Wirkung der Maschine, die dadurch bewegt wird, nicht verwechseln. Der Stoß ist offenbar desto größer, je kleiner die Geschwindigkeit der Stoßfläche ist; dieses kann man aber nicht vom Effecte der Maschine sagen, denn dieser hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der ein Gewicht gehoben wird, und zugleich von der Größe dieses Gewichtes. Es gibt der Rechnung gemäß eine gewisse Geschwindigkeit der Stoßflächen, bei der die Wirkung der Maschine am größten ist. Diese Geschwindigkeit beträgt die Hälfte von der des zufließenden und anstoßenden Wassers. Daß diese Geschwindigkeit nicht $\frac{1}{3}$ von der des Wassers ist, wie man noch 169 hätte erwarten sollen, kommt daher, weil das Wasser nach vollbrachtem Stoße nicht so schnell ausweicht, daß es keinen Widerstand erzeugt.

Dieser größtmöglichste Effect kann geschätzt werden durch das halbe Product aus dem Gewichte des Wassers, das in einer Zeiteinheit, z. B. in einer Secunde an die Stoßschaufeln anschlägt, und aus der Höhe, welche der Geschwindigkeit des anstoßenden Wassers entspricht. Hat also eine Stoßfläche 2 Quadratfuß und beträgt die Geschwindigkeit

des Wassers 3 Fuß, so entspricht ihr eine Höhe von 1 Zoll 11 Linien $= \frac{23}{144}$ Fuß; die in einer Secunde anstoßende Wassermasse beträgt daher $3 \times \frac{23}{144} = \frac{69}{144}$ Kubikfuß, oder $\frac{69}{144} \times 56\frac{1}{2} = 27$ Pf.; mithin ist der gesammte Effect gleich einem Gewichte von $13\frac{1}{2}$ Pf., das in einer Secunde 1 Zoll 11 Linien hoch gehoben wird. Würde daher ein solches Wasserrad zum Wasserheben verwendet, so würde es gerade halb soviel Wasser heben können, als es zu seinem Betriebe benöthiget.

245.

Wenn die Güte eines schon vorhandenen unterschlächtigen Wasserrades beurtheilt werden soll, so muß man nur den größtmöglichen Effect als Richtschnur der Beurtheilung annehmen, und ein Rad für desto vollkommner halten, je mehr sich seine Wirkung demselben nähert. Soll ein unterschlächtiges Wasserrad gebaut werden, so muß man ihm eine solche Einrichtung geben, daß dadurch der größte Effect möglichst erreicht wird. Deßhalb hat man bei dem Baue eines unterschlächtigen Wasserrades auf die Stellung, Menge und Größe der Stoßschaufeln vorzüglich Rücksicht zu nehmen.

246.

Bei einem Schußgerinne setzt man die Schaufeln nach der Richtung des Halbmessers ein, oder man gibt ihnen höchstens nach Bossuts Anleitung eine Neigung von 25° — 30° gegen denselben. Letzteres ist deßhalb vortheilhaft, weil sich dann die Schaufeln bei ihrem Austreten aus dem Wasser erst der verticalen Lage nähern, und deßhalb nicht so viel Widerstand finden, auch nicht so viel Wasser mit in die Höhe nehmen, als dieses geschieht, wenn die Schaufeln in der

Verlängerung des Halbmessers liegen, und schief aus dem Wasser treten.

247.

Was die Anzahl der Schaufeln anbelangt, so hält es Bossut für gut, deren so viele anzubringen, als möglich ist, ohne das Rad zu schwer zu machen, und die Reibung an den Zapfen zu sehr zu vermehren. Man nimmt gewöhnlich an, daß bei einem 8 — 12 Fuß hohem Wasserrade 3 Schaufeln zugleich ins Wasser getaucht sind; bei größeren Rädern können sich aber immer 4 — 5 zugleich eintauchen.

248.

Die Breite der Schaufeln richtet sich nach der Größe des eingetauchten Theils. Sie muß wenigstens das doppelte dieser Größe betragen, damit das anstoßende Wasser ja nicht überschlagen kann. Die Länge der Schaufeln hängt vom Gerinne ab, und ist nur um so viel kleiner als die Breite des Gerinnes, als nöthig ist, damit sich das Rad drehen kann, ohne an den Wänden anzustreifen.

249.

Bei einem Kropfgerinne bestimmt man die Anzahl, Breite und Länge der Schaufeln auf dieselbe Weise, wie bei dem Schußgerinne; nur die Art des Einsetzens ist etwas anders, als daselbst. Da dürfen nämlich die Schaufeln nicht ganz in der Richtung des Halbmessers liegen, weil sie leicht vom Wasser überschlagen würden. Bei großen Kröpfungen dürfen die Schaufeln auch nicht gerade seyn, sondern man muß sie gebrochen machen.

Um die Lage der einzelnen Schaufeltheile finden zu können, muß zuerst nach den vorausgeschickten Regeln die An-

zahl, und mithin die Entfernung der Schaufeln am Umfange des Rades bestimmt seyn. Ist dieses geschehen, so nimmt man im Gerinne den Punct A (Fig. 114) an, der mit einem Theilungspuncte E des Rades zusammentrifft, und wo das Gerinne und das Rad eine Kreiskrümmung aus dem Mittelpuncte C haben, theilt den verticalen Halbmesser CB des Rades in so viele Theile, als der Viertelkreis des Rades Schaufeln faßt. Beträgt z. B. diese Anzahl 7, so theilt man CB in 7 Theile, bezeichnet die Theilungspuncte mit den ihnen entsprechenden Zahlen vom Mittelpuncte angefangen. Hierauf nimmt man dieselbe Theilung vor mit dem Quadranten, der zwischen dem Puncte D und dem Puncte B enthalten ist, welcher Punct B im Halbmesser CB liegt, und bezeichnet auch diese Theilungspuncte mit den entsprechenden Zahlen von B angefangen. Verbindet man nun den Theilpunct E des Quadranten mit dem gleich bezeichneten Puncte des Halbmessers, so gibt die Verbindungslinie die Richtung eines Theils der Schaufel, den man Stoßschaufel heißt. Seine Breite bestimmt der Kreis abc, der in der Mitte des Kranzes gezogen ist. Die Richtung des anderen Theils der Schaufel findet man, wenn man die Breite der Stoßschaufel EF mit dem Cirkel faßt, und aus F einen Kreisbogen beschreibt. Schneidet dieser den inneren Kreis des Kranzes in G, so zieht man FG, und sieht diese Linie als die Richtung der zu EF gehörigen Schaufel an.

250.

Wenn ein solches Wasserrad nach richtigen Grundsätzen gebaut ist, so nähert sich seine Wirkung dem durch Rechnung

gefundenen größten Werthe der Wirkung ungemein, wie man besonders aus den Versuchen ersehen kann, die der englische Gelehrte Smeaton mit unterschlächtigen Rädern anstellte. Diese Versuche lehrten Folgendes:

1. Bei einerlei Geschwindigkeit des Wassers verhalten sich die Wirkungen eines unterschlächtigen Wasserrades, wie die in derselben Zeit verwendeten Wassermengen.
2. Bei einerlei Wassermengen stehen diese Wirkungen im Verhältnisse mit dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers.
3. Bei derselben Größe der Oeffnung des Gerinnes wächst die Wirkung, wie der Würfel der Geschwindigkeit des Wassers.
4. Die größte Wirkung der Räder findet Statt bei einer Geschwindigkeit des Rades, die ungefähr $\frac{30}{86}$ von der Geschwindigkeit des Wassers beträgt.

Man sieht hieraus, wie wenig diese Resultate von denen abweichen, welche die Rechnung gegeben hat. Nur die Geschwindigkeit, bei welcher den Versuchen gemäß die Wirkung des Rades am größten wird, ist bedeutend kleiner, als die durch Rechnung gefundene. Es liegt aber die Ursache dieser Abweichung nicht in einer fehlerhaften Art zu experimentiren, denn auch der berühmte Bossut gibt nach seinen sehr genauen Versuchen eine von der Rechnung abweichende Geschwindigkeit an, bei der das Rad am vortheilhaftesten wirkt, sondern in der Unmöglichkeit das Wasser, das bereits den Stoß ausgeübt hat, so abzuleiten, daß es dem Rade in der Bewegung nicht hinderlich ist, wie man doch in der Rechnung annimmt.

251.

Die horizontalen Wasserräder unterscheiden sich von den verticalen unterschlächtigen dadurch, daß ihre Axe vertical steht, und daß die Schaufeln so am Kranze eingesetzt sind, daß sie senkrecht auf der Richtung des zufließenden Wassers, mithin schief auf der Axe stehen. Man macht diese Schaufeln entweder geradlinig, oder man gibt ihnen eine solche Biegung, daß das Wasser nur senkrecht auf die Schaufel anstoßt, und nach vollbrachtem Stoße in horizontaler Richtung abläuft. Deßhalb fallen die Schaufeln manchmahl löffelförmig aus, und man heißt die Räder aus diesem Grunde Löffelräder. Fig. 115 stellt drei solche Räder vor, wovon das erste geradlinige, das zweite und dritte krummlinige Schaufeln hat.

252.

Um sich von der Wirkung des Wasserstoßes auf ein horizontales Wasserrad eine richtige Vorstellung machen zu können, sey (Fig. 116) A der Kranz eines solchen Rades, BC seine Axe, DE eine seiner Schaufeln. Strömt nun das Wasser nach der auf DE senkrechten Richtung mit der Geschwindigkeit FG zu, so kann man FG in FH und HG zerlegen. HG dreht das Rad um seine Axe, FH geht durch den Widerstand der Schaufeln verloren. Der Wasserstoß wird also desto ausgiebiger seyn, je kleiner der Winkel FGH wird.

Man gibt diesen Rädern selten einen größeren Durchmesser als $4\frac{1}{2}$ Fuß, und wendet sie überhaupt nur in Gebirgsgegenden an, wo das Wasser einen hinlänglichen Fall hat. Kann man bei einem solchen Rade eine Geschwindig-

keit zu Wege bringen, daß es in einer Minute 60 Umdrehungen macht, so läßt es sich recht wohl zu einer Mühle verwenden. Man kann ohne weiteren den Mühlstein (Laufer) an die Axe des Rades anbringen, und so eine äußerst einfache und wohlfeile Mühle ohne allem Räderwerke bauen. Dazu gehört aber für ein Rad von $4\frac{1}{2}$ Fuß eine Geschwindigkeit von ungefähr 13 Fuß. Wo einem kein so schnell fließendes Wasser zu Gebothe steht, bringt auch ein horizontales Wasserrad keinen besonderen Vortheil, ja man thut besser, in einem solchen Falle ein verticales unterschlächtiges Rad anzubringen.

253.

Ein oberschlächtiges Wasserrad besteht aus zwei Kränzen, zwischen welche dünne Breter, d. i. Schaufeln so eingesetzt werden, daß sie Zellen für das Wasser, oder sogenannte Wassersäcke bilden. In diese Zellen fällt das Wasser, welches von oben mittelst eines eigenen Gerinnes auf das Rad geleitet wird, und dreht es entweder bloß durch sein Gewicht, oder durch das Gewicht und den Stoß zugleich. Ersteres findet dann Statt, wenn sich der Umfang des Rades mit derselben Geschwindigkeit dreht, mit welcher das Wasser in die Wassersäcke fällt; letzteres, wenn der Umfang des Rades eine geringere Geschwindigkeit hat, als die des Wassers ist.

254.

Wird ein oberschlächtiges Wasserrad bloß durch das Gewicht des Wassers bewegt, so ist seine Wirkung desto größer, je langsamer sich das Rad dreht, und je größer der mit Wasser gefüllte Bogen des Rades ist. Deßhalb muß ein solches Rad so groß seyn, als es der Fall des Wassers erlaubet,

vorausgesetzt, daß man von unten dem Wasser einen freien Abzug verschafft. Die Schaufeln müssen so eingesetzt werden, daß ein Wassersack das Wasser nicht eher von sich gibt, als er den untersten Platz erreicht hat.

255.

Da man keine Methode kennt, nach welcher die Schaufeln so eingesetzt werden, daß sie der genannten Forderung völlig Genüge leisten, so muß man sich mit einer solchen begnügen, die dieser am nächsten kommt. Folgendes Verfahren scheint allen übrigen vorzuziehen zu seyn:

Ist AB (Fig. 117) der Durchmesser des Rades, BC die Breite der Kränze, (die man nicht leicht über 12 Zoll macht) so theilt man BC in drei gleiche Theile, wovon CD einer ist, und beschreibt aus dem Mittelpuncte des Rades E mit dem Halbmesser DE einen Kreis, den die Werkleute den Theilriß nennen. Diesen Theilriß theilt man in so viele gleiche Theile, als das Rad Schaufeln haben soll, und derer man gewöhnlich 3mahl so viele nimmt, als der Durchmesser des Rades Fuß enthält. Nun setzt man die Schaufeln aus zwei Stücken zusammen, wovon das eine, dem Mittelpuncte des Rades nähere, Stoßschaufel, das andere Riegel- oder Kropfschaufel heißt.

Um die Lage der Stoßschaufel zu finden, muß man die Dicke des zuströmenden Wasserstrahls kennen. Mit dem Halbmesser, der dieser Dicke gleich ist, beschreibt man aus einem Theilpuncte des Theilrisses einen Kreisbogen, und zieht von dem nächstfolgenden Theilpuncte auf diesen Bogen eine Tangente. Ihre Lage gibt die der Stoßschaufel. Wäre z. B. ad die Dicke des Wasserstrahls, a und b zwei unmittelbar auf

einander folgende Theilpuncte des Theilrisses, cd der mit ad beschriebene Kreisbogen, bd die Tangente desselben, so gibt bd zugleich die Riegelschaufel, welche zu b gehört. Die Riegelschaufel stoßt man gewöhnlich unter einem rechten Winkel mit der Stoßschaufel zusammen, oder man stellt sie in die Richtung des Halbmessers des Rades. Ersteres ist leichter zu veranstalten, weil sich zwei Breter unter einem rechten Winkel am besten verbinden lassen. Um die Zellen ganz zu schließen, bekommt das Rad inwendig einen Breterboden.

256.

Vor einigen Jahren hat man in England eine Gattung oberschlächtiger Wasserräder zu bauen angefangen, welche das Wasser viel besser, als alle anderen halten sollen. Fig. 118 stellt ein solches Rad vor.

Da ist jeder Wassersack durch eine Zwischenwand, die mit den Kränzen des Rades parallel geht, in zwei Theile getheilt, und jede Stoßschaufel ist nicht allein gegen den Halbmesser des Rades, sondern auch gegen die Seitenwand des Kranzes unter einem spitzigen Winkel geneigt.

157.

Hat ein oberschlächtiges Wasserrad eine kleinere Geschwindigkeit als die des zuströmenden Wassers ist; so wird es durch den Druck und durch den Stoß zugleich bewegt. Beide Kräfte zusammen bringen der Theorie nach den größten Effect hervor, wenn die Geschwindigkeit des Rades halb so groß ist, als die des zuströmenden Wassers. Indeß gibt man solchen Rädern in der Ausübung meistens eine Geschwindigkeit, welche der des Wassers gleich ist, weil man sie sonst gar breit machen müßte, wenn sie alles Wasser auffangen sol-

len, und dieses das Gewicht, und mithin auch die Reibung an den Zapfen stark vermehren würde. Dabei muß man aber auch auf die Wirkung des Stoßes Verzicht leisten, und das Rad kehrt in die Reihe der vorhin betrachteten zurück.

258.

Smeaton hat auch über die Wirkung der oberschlächtigen Wasserräder Versuche angestellt, und folgende Resultate gefunden:

1. Bei einerlei Wassermenge ist die Wirkung eines oberschlächtigen Wasserrades, welches bloß durch den Wasserdruck bewegt wird, doppelt so groß, als die eines unterschlächtigen.
2. Die Wirkung eines Rades, das durch den Druck und durch den Stoß des Wassers zugleich bewegt wird, besteht aus zwei Theilen. Der eine ist gleich der Wirkung eines unterschlächtigen Rades, das vom Wasser mit einer Geschwindigkeit gestoßen wird, die das Wasser bekäme, wenn es von der Oberfläche des Wassers im Canale bis zum Wasserkasten herabgefallen wäre. Der zweite ist gleich der Wirkung eines oberschlächtigen Rades, dessen Höhe der Entfernung des Punctes, wo das Wasser auf das Rad fällt, von dem Boden gleich ist.
3. Je höher ein Rad im Verhältnisse zum gesammten Falle des Wassers ist, desto größer ist seine Wirkung.
4. Die Geschwindigkeit eines oberschlächtigen Rades am Umfange des Kranzes soll nicht über drei Fuß, und nicht unter zwei Fuß seyn, wenn der Effect hinreichend groß, und die Bewegung regelmäßig seyn soll.

259.

Vergleicht man die drei bisher betrachteten Wasserräder

mit einander, so sieht man, daß bei übrigens gleichen Umständen ein oberschlächtiges Rad die größte Wirkung gibt. Allein es fordert einen hinreichenden Fall des Wassers, um eine gehörige Geschwindigkeit zu bekommen, und in gehöriger Größe angelegt werden zu können. In vielen Fällen, wo man kein hinreichendes Gefälle hat, um ein ganz oberschlächtiges Rad anbringen zu können, geht man doch nicht gleich zu einem unterschlächtigen über, sondern man baut das Rad halb oberschlächtig, d. i. man leitet das Wasser seitwärts in die Wasserzellen.

260.

Wellräder, die durch den Stoß der Luft, d. i. durch den Wind bewegt werden, sind die Flügel unserer Windmühlen. Stehen diese Flügel an einer horizontalen Welle, so heißt man die Windmühle eine verticale, befinden sie sich an einer verticalen Welle, so nennt man die Mühle eine horizontale.

261.

Bei Windmühlen müssen die Flügel gegen den Wind unter einem Winkel geneigt seyn, damit sich der Stoß des Windes in zwei Kräfte zerlegen kann, wovon eine auf der Ebene der Flügel senkrecht steht, während die andere mit ihr parallel ist, und das Umdrehen der Flügel bewirkt. Damit sich aber die Kräfte des Windes, die auf zwei einander gegenüber stehende Flügel ausgeübt werden, nicht aufheben, sondern vielmehr jede etwas zur Umdrehung der Flügel beiträgt, so muß die Ebene zweier einander entgegengesetzter Flügel zwar gleiche aber entgegengesetzte Winkel mit der Richtung des Windes machen.

Damit die Flügel einer verticalen Windmühle vom Winde gedreht werden können, er mag aus was immer für einer Gegend kommen, so ist entweder die ganze Mühle um eine verticale Axe beweglich, wie dieses bei den sogenannten deutschen Mühlen oder Bockmühlen der Fall ist, oder es läßt sich nur das Dach mit den Windflügeln herumdrehen, wie man es an den sogenannten holländischen Mühlen sehen kann. Diese haben vor jenen den Vorzug, weil sie viel fester gebaut werden können, und beim Drehen nicht soviel Kraft verwendet werden darf.

262.

Horizontale Windflügel braucht man gar nicht gegen den Wind zu stellen, weil sie von jedem getroffen und gedreht werden, er mag aus was immer für einer Gegend kommen. Dafür müssen aber die Flügel Klappen haben, die sich nach einer Seite öffnen. Fängt nun der Wind zu blasen an, so wirkt er auf den Windflügel, dessen Klappe er nach seiner Richtung nicht öffnen kann, stärker, als auf den gegenüberstehenden, dessen Klappe er öffnet, und der ihm daher nur mit seinem Gerippe Widerstand leistet. Er kann deßhalb den ganzen Mechanismus bewegen.

263.

Die Mühlen mit horizontalen Flügeln erlauben unter allen den festesten Bau, weil an ihnen weniger Bewegliches zu seyn braucht, als an den vorhin erwähnten; allein die Wirkung des Windes ist bei ihnen viel schwächer, als bei anderen Flügeln. Denn hier wirkt der Wind nur immer auf einen Flügel zum Vortheile der Maschine, die übrigen Flügel leisten sogar, wenigstens durch ihr Gerippe, Widerstand,

wenn sich auch die Klappen ganz öffnen, während bei dem verticalen Stande der Flügel jeder derselben vom Winde zur Beförderung des Effectes der Maschine getroffen wird.

264.

Die Windflügel macht man viereckig oder dreieckig. Die ersteren behaupten vor den zweiten einen entschiedenen Vorzug, weil sie bei übrigens gleichen Umständen den größten Effect geben. Die dreieckigen Flügel, die man auch portugiesische nennt, weil sie in der Gegend um Lissabon am meisten im Gange sind, müssen sehr lang seyn, wenn sie dem Winde eine hinreichende Fläche darbiethen sollen. Dadurch entsteht aber ein Zwang und Druck auf die Stützen der Wellen, und eine sehr bedeutende Reibung.

265.

Die Flügel werden meistens von einem hölzernen Rahmen gebildet, den man mit Segeltuch überzieht, mit Schilf durchflicht, oft auch nur mit dünnen Bretern beschlägt, deren Anzahl man nach der Stärke des Windes vermehrt oder vermindert. Man hat zwar auch Windflügel aus bloßem Segeltuche, wie die Segel eines Schiffes, aber sie fordern zu ihrer Spannung viele Stricke und Rollen, die noch dazu oft erneuert werden müssen, und deßhalb die Maschine nicht wenig vertheuern. Bei allen dem kann man die Segel nie so spannen, daß sie der Wind nicht eindrückt und ihre Fläche krümmt. Dieses ist aber immer der Wirkung der Mühle nachtheilig.

266.

Ueber die vortheilhafteste Einrichtung der Windmühlen, insbesondere, was die Windflügel anbelangt, hat Smeaton

viele Versuche angestellt. Er bediente sich dazu eines Modells, dem er mittelst Gewichten, die an einer um den Wellbaum geschlagenen Schnur gehängt wurden, eine beliebige Geschwindigkeit geben konnte. Aus diesen Versuchen ergaben sich nachstehende Folgerungen:

1. Waren die Windflügel eben und unter einem Winkel von 55° gegen die Ebene der Bewegung geneigt, so wirkte der Wind am stärksten auf sie, wenn sie in Ruhe waren; waren sie aber in Bewegung, so fiel die Wirkung des Windes am kleinsten aus.
2. Die beste Neigung der Flügel ist die von $70\frac{1}{2}$ oder $22\frac{1}{2}$ Grad gegen die Ebene der Bewegung.
3. Wenn auch die Neigung der Flügel um einen oder ein Paar Grade von der abweicht, wo die Wirkung am größten ist, so hat dieses auf die Größe des Effectes der Maschine keinen großen Einfluß.
4. Windflügel, die gegen das Ende zu breiter werden, geben eine größere Wirkung als jene, die eine rechtwinkelige Gestalt haben; doch muß der breitere Theil mehr gegen die Ebene der Bewegung geneigt seyn, als der minder breite.
5. Die Geschwindigkeit der Flügel, die keinen Widerstand zu überwinden haben, verhält sich zu der, wo sie den größten Effect hervorbringen, nahe wie 3 : 2.
6. Das Verhältniß des größten Widerstandes, bei dem der Stoß des Windes mit der Last im Gleichgewichte steht, zu dem, wo er die größte Wirkung hervorbringt, ist nahe wie 6 : 5.
7. Die Geschwindigkeit der Flügel ist der des Windes proportionirt.

8. Die größtmöglichen Wirkungen eines Flügels sind fast den Würfeln der Geschwindigkeit des Windes proportionirt.
9. Horizontale Windflügel geben eine Wirkung, die bei übrigens gleichen Umständen 8 bis 10mahl kleiner ist, als die der verticalen Flügel.

267.

Unsere Räderwerke sind aus Wellrädern zusammengesetzte Maschinen von großer Wichtigkeit; denn es wird wenige nur etwas complicirte Maschinen geben, bei denen nicht ein oder das andere gezähnte Rad vorkäme. Deßhalb soll auch hier das wichtigste von der Bewegung der Räderwerke, und von ihrem Baue vorkommen.

Ein Rad, das am Umfange mit Erhöhungen und Vertiefungen oder eingesetzten Zapfen versehen ist, heißt ein Zahnrad; die Erhöhungen nennt man Zähne. Ein Zahnrad wird Sternrad genannt, wenn die Zähne in der Verlängerung des Halbmessers liegen, hingegen ein Kammrad, wenn die Zähne auf der Ebene des Rades senkrecht stehen. Die Zähne eines solchen Rades heißen Kämme. Ein Rad, dessen Zähne mit der Ebene des Kranzes einen spitzigen Winkel bilden, heißt ein conisches Rad. Greifen zwei Räder in einander ein, so heißt dasjenige, welches im Verhältnisse zum anderen klein ist, Getrieb, und wenn es aus zwei mittelst Stäben verbundenen Scheiben besteht, ein Trilling. Die Stäbe nennt man Triebstöcke. Sind an einer Welle Vertiefungen eingeschnitten, die mit ihrer Axe parallel laufen, so heißt das Getrieb ein Kumpf.

268.

Bei der Bewegung eines Räderwerkes kömmt es vor-

züglich und vor allen andern darauf an, daß sie so gleichförmig als möglich sey, und so sanft als möglich vor sich gehe. Um diese beiden Bedingungen zu erfüllen, wird bei einem Räderwerke erfordert:

1. daß jedes Rad vollkommen rund und auf seiner Axe senkrecht sey, und daß sein Schwerpunct genau in die Axe falle.
2. daß alle Zähne gleich stark, gleich weit von einander entfernt und richtig geformt seyen, und daß jeder Triebstock früher mit einem neuen Zahne in Berührung komme, ehe er den vorhergehenden verläßt. In Ermangelung dieser Eigenschaft geht die Bewegung der Räder stoßweise, und mit starker Reibung vor sich.
3. Daß die Anzahl der Zähne so groß als möglich sey; denn je größer diese Anzahl ist, desto sanfter geht die Bewegung vor, sich.
4. Daß alle Räder eine solche Lage gegen einander haben, daß die Resultirende aller drückenden Kräfte, die eines auf das andere ausübt, so klein als möglich wird.

269.

Wenn zwei Räder mit einander so verbunden sind, daß die Axe des kleineren außerhalb des Umfanges des großen Rades fällt, so haben ihre Axen eine Umdrehung nach entgegengesetzten Richtungen. Bei einer Verbindung von mehreren solchen Rädern hat daher das letzte Rad eine Richtung, welche mit der Richtung des ersten übereinstimmt, wenn die Räder in ungerader Anzahl vorhanden sind; sind diese aber in gerader Anzahl mit einander verbunden, so ist die Umdrehung des ersten der des letzten entgegengesetzt. Greifen

aber zwei Räder so in einander, daß die Axe des einen innerhalb des Umfanges des andern Rades fällt, so haben beide eine Umdrehung nach derselben Seite. Dasselbe gilt auch von jeder Anzahl gezähnter Räder, die innerhalb in einander greifen. Soll daher die Richtung der Umdrehung eines Rades geändert werden, so hat man dazu zwei Mittel; man kann nämlich ein innerhalb eingreifendes Kronrad, oder ein sogenanntes Wechselrad anbringen. Man nennt aber ein Wechselrad dasjenige, in dessen Zähne zwei Räder von zwei Seiten eingreifen. Es seyen z. B. A und B (Fig. 119) zwei Räder mit horizontalen Axen. Wenn sie unmittelbar in einander greifen, so bewegt sich eines von der Rechten zur Linken, während sich das andere von der Linken zur Rechten dreht; setzt man aber ein Wechselrad C (Fig. 120) dazwischen, dessen Axe ebenfalls horizontal steht, so bekommen A und B dieselbe Richtung.

270.

Die Art der Verbindung hat nicht bloß auf ihre Richtung, sondern auch auf ihre Reibung einen großen Einfluß, weil dadurch der Druck auf die Axe des Rades, in das ein anderes eingreift, bedeutend modificirt wird. Greift z. B. das Rad B (Fig. 121) in das Getriebe A ein, so ist der Druck auf die Axe von B die Resultirende von drei Kräften: 1. von dem Gewichte des Rades und der mit ihm verbundenen Theile, 2. von der Wirkung der bewegenden Kraft P, 3. vom Drucke der Zähne des Rades gegen das Getriebe. Befinden sich nun die Axen des Rades und des Getriebes in derselben horizontalen Ebene, und ist das Getriebe an der Seite der Kraft P angebracht, so wirkt diese Kraft dem Drucke der Zähne

entgegen, und der gesammte Druck, den die Axe B erleidet, hängt nunmehr ab, 1. vom Gewichte des Rades B, 2. vom Unterschiede der Kraft P und des Druckes auf die Zähne. Da ist der Druck auf die Axe unter allen möglichen der kleinste, weil nebst den zwei angeführten Umständen auch noch der Durchmesser des Getriebes klein ist.

Befindet sich hingegen das Getriebe A′ auf der entgegengesetzten Seite der Kraft P, so wirken die bewegende Kraft P und der Druck auf die Zähne nach einerlei Richtung zusammen, und der gesammte Druck auf die Axe bekommt den möglichst größten Werth für Sternräder. Noch größer wird er aber, wenn ein Kammrad in ein Getriebe eingreift. Gestatten es daher die übrigen Umstände, so vermeide man stets die Verbindung von einem Kammrade und einem Trilling, wende dafür Sternräder an, bringe ihre Axen in dieselbe Ebene, versetze das Getriebe auf die Seite der bewegenden Kraft, und mache es von so kleinem Durchmesser, als es nur angeht.

271.

Das Verhältniß der Umdrehungszeiten zweier Räder, die unmittelbar oder mittelbar in einander greifen, oder das Verhältniß ihrer Umdrehungen, die sie in derselben Zeit machen, hängt von dem Verhältnisse der Anzahl ihrer Zähne ab. Wenn bei zwei in einander greifenden Rädern die Anzahl der Zähne gegeben ist, so kann man das Verhältniß ihrer Umdrehungszahlen leicht finden. Denn während sich das Getriebe einmahl umdreht, gehen eben so viele Zähne des Rades vorüber, als das Getriebe Zähne hat; es wird sich daher die Anzahl der Umdrehungen des Getriebes zu der Anzahl der Um-

drehungen des Rades in derselben Zeit verhalten, wie die Anzahl der Zähne des Rades zur Anzahl der Zähne des Getriebes. Hat daher das Rad 50, das Getriebe 12 Zähne, so macht letzteres 25 Umdrehungen, während das erstere 6 macht.

272.

Um die Umdrehungszahlen bei einer Verbindung mehrerer Räder und Getriebe zu finden, darf man nur die Anzahl der Zähne aller Getriebe, und eben so die Anzahl der Zähne aller Räder mit einander multipliciren. So wie sich diese Producte verhalten, eben so, aber verkehrt, verhalten sich die Umdrehungszahlen.

Hat z. B. das erste Rad 40, sein Getriebe 15 Zähne,

zweite	= 48,	=	6 =
dritte	= 60,	=	12 =

so ist 40. 48. 60 : 15. 6. 12 = 320 : 3 das gesuchte Verhältniß, und es wird das letzte Getriebe 320 Umdrehungen machen, während das erste Rad deren nur 3 macht.

Die Richtigkeit dieses Verfahrens ist aus dem obigen leicht zu ersehen.

273.

Es mögen bei einem Räderwerke wie viel immer Räder in einander greifen, so wird während einer Umdrehung des ersten Rades nur dann eine ganze Anzahl von Umdrehungen des letzten Getriebes erfolgen, wenn das Product der Zähneanzahl der Räder durch das der Getriebe theilbar ist. In diesem Falle treffen aber bei jeder Umdrehung eines Rades und seines Getriebes dieselben Zähne zusammen, während bei jeder Umdrehung ein Zahnwechsel Statt findet, wenn von obigen Zahlen nicht eine durch die andere theilbar

ist. Dieser Umstand hat bei vielen Maschinen einen großen Einfluß auf ihre Dauer und auf die Gleichförmigkeit ihrer Bewegung, weil sich offenbar nur dann alle Zähne gleichförmig abschleifen, wenn jeder derselben mit jedem des eingreifenden Rades in Berührung kommt. Deßhalb richtet man solche Maschinen, bei denen die Umdrehungszahl der Räder nicht gar genau bestimmt ist, die Sache meistens so ein, daß obige Zahlen nicht durcheinander theilbar sind. Bei einer Mahlmühle, wo ein Kammrad in einen Trilling eingreift, an dessen Axe der bewegliche Mühlstein, der sogenannte Laufer steckt, kommt es nicht darauf an, ob sich derselbe in einer Minute um einmahl mehr oder weniger umdreht; deßhalb läßt man die Anzahl der Kämme durch die der Triebstöcke nie theilbar seyn.

274.

Sind die Umdrehungszahlen einer Rädermaschine vorhinein bestimmt, und man sucht die Anzahl der Zähne, welche die Bestandmaschinen haben sollen, um sich im gegebenen Verhältnisse zu drehen; so muß man wissen, durch wie viele Räder die Aufgabe gelöst werden soll. Sind deren nur zwei, die A und B heißen mögen, so drückt man das Verhältniß ihrer vorgeschriebenen Umdrehungen durch Zahlen aus, und gibt dem Rade A so viele Zähne, als die Umdrehungszahl von B anzeigt, und dem Rade B so viele, als die Umdrehungszahl von A Einheiten enthält. Soll sich z. B. das Rad A 19mahl umdrehen, während das andere Rad B 8 Umdrehungen macht, so bekömmt A 8 und B 19 Zähne.

275.

Hierbei muß man aber zwei Regeln beobachten, 1. soll

kein Rad und kein Getriebe weniger als 6 Zähne bekommen, weil sonst die Gleichförmigkeit der Bewegung ganz verloren geht, 2. soll kein Rad die Anzahl der Zähne seines Getriebes um mehr als um das 15fache übertreffen, und überhaupt nie mehr als 200 Zähne erhalten.

Wäre daher die Umdrehungszahl des Rades kleiner als 6, so müßte man beide Umdrehungszahlen, nämlich die des Rades und des Getriebes, mit einer Zahl multipliciren, damit jene Umdrehungszahl größer werde als 6. Wenn sich z. B. ein Getriebe 20mahl umdrehen soll, während sich ein Rad dreimahl dreht, so ist das Verhältniß der Umdrehungszahlen 20 : 3, oder mit 3 multiplicirt, 60 : 9; man kann daher dem Rade 60, dem Getriebe 9 Zähne geben. Sind die Umdrehungszahlen zu groß, so theile man sie durch dieselbe Zahl, wenn es angeht, und nehme die Quotienten zur Bestimmung der Anzahl der Zähne. Soll sich z. B. A 300mahl drehen, während sich B 35mahl dreht, so theile man beide Zahlen durch 5, und gebe dem Rade 60 Zähne, dem Trilling 7 Triebstöcke.

Wenn die Umdrehungszahlen so groß ausfallen, daß die Anzahl der Zähne der zweiten Regel widerspricht, und keine Abkürzung durch Division möglich ist; so läßt sich die Aufgabe nicht mit zwei Rädern auflösen, sondern man muß deren mehrere annehmen. Um für jedes derselben die gehörige Zähnezahl zu finden, zerlegt man jede der zwei Umdrehungszahlen in so viele Factoren, als man Räderpaare annimmt. Die Factoren der kleineren Umdrehungszahlen geben die Zähne für die Getriebe, die der größeren für die Räder an. Soll sich z. B. ein Rad 77mahl umdrehen, während sich

das Getriebe 360mahl umdreht, so zerlegt man 77 in die Factoren 7 und 11, 360 in 18 und 20; mithin läßt sich die Aufgabe durch zwei Räder und zwei Getriebe auflösen, wovon ein Getriebe 7, das andere 11, ein Rad 18 das andere 20 Zähne bekömmt.

276.

Die Anwendung dieser Regel ist durch zwei Fälle beschränkt. Es kann nämlich geschehen, daß die Factoren der einen oder anderen Umdrehungszahl zu klein ausfallen, oder daß die Umdrehungszahlen Primzahlen sind, und sich daher nicht in Factoren auflösen lassen.

Im ersten Falle hilft man sich leicht dadurch, daß man beide Umdrehungszahlen mit einer Zahl multiplicirt, und so die Factoren derselben vergrößert. Soll z. B. ein Räderwerk ausgeführt werden, wo sich ein Rad dreimahl umdrehen soll, während sich das Getriebe 170mahl umdreht, so multiplicirt man beide Zahlen durch 12, und bekömmt dadurch die Umdrehungszahlen 36 und 2040, wovon erstere die Factoren 6 und 6, die andere 51 und 40 hat, und daher nach der vorigen Regel behandelt werden kann.

277.

Sind die Umdrehungszahlen Primzahlen, und so groß, daß man die Aufgabe mit einem Räderpaare nicht auflösen kann, so läßt sie sich überhaupt auf dem gewöhnlichen Wege nicht genau auflösen. Erlaubt es die Natur der Aufgabe mit einer Annäherung sich zufrieden zu stellen, so vermindert man eine von den Umdrehungszahlen um eine Einheit, und führt sie dadurch unter die vorige Regel zurück. Soll z. B. ein Räderwerk zusammengesetzt werden, wo sich ein Rad

einmahl dreht, während das Getriebe 1009mahl gedreht wird, so setzt man statt 1009, 1008, und hat dadurch die Umdrehungszahlen 1 und 1008, oder mit 720 multiplicirt, 720 und 725760. Erstere enthält die Factoren 8, 9 und 10, letztere 84, 90 und 96, folglich kann der Aufgabe näherungsweise durch drei Räderpaare Genüge geleistet werden, wo die Getriebe 8, 9, 10 Zähne, die Räder 84, 90, 96 haben.

278.

Der Augustiner Frater David hat im Jahre 1791 ein neues Rädergebäude bekannt gemacht, nach welchem man Aufgaben, wie die vorhergegangene, genau auflösen kann. Das Wesentliche dieser Räderverbindung besteht in folgenden: Es sey auf der Welle Aa, (Fig. 122) die ihre Umdrehung irgend woher erhält, ein Getriebe B befestiget. An dieselbe Welle sey auch mittelst einer Hülse eine Scheibe C angesteckt, und auf ihr ein Wechselrad D angebracht, das in das Getriebe B und in das Rad E eingreift, welches wieder mittelst einer Hülse an der Welle Aa steckt. Ist nun die Scheibe C fest, und das Rad E beweglich, so geht bei diesem Rädersysteme dasselbe vor, wie bei dem früher betrachteten. Ist hingegen E fest, und dafür die Scheibe C sammt dem Rade E beweglich, so geht es anders zu. Dreht sich bei dieser Voraussetzung B rechts, so bewegt sich das Wechselrad D links, und schiebt durch den Druck auf die Scheibe C das Rad E rechts, wenn es von innen in dasselbe eingreift, wie die Figur zeigt. Durch die Scheibe wird dem Wechselrade D außer der Bewegung um seine Axe, die es dem Getriebe B verdankt, auch noch eine Bewegung um die Welle Aa mitgetheilt. Während sich B einmahl umdreht, dreht sich auch D einmahl und

es werden von E nicht so viele Zähne vorüber gegangen seyn, weil sich während der Umdrehungszeit von B nach der Rechten, auch D nach der Rechten mit der Scheibe um ein Stück umgedreht hat. Dieses Zurückbleiben einiger Zähne von E bei jeder Umdrehung von B macht, daß sich B während einer Umdrehung von E gerade einmahl öfter umdreht, als es geschehen würde, wenn die Scheibe fest wäre.

Greift das Wechselrad von außen in das Rad E ein, wie Fig. 123 zeigt, so dreht sich D links, wenn sich B rechts dreht, und schiebt die Scheibe C durch den Druck an die Kämme von E links herum. Dadurch erhält auch wieder D eine Bewegung um die Welle Aa, und macht, daß bei jeder Umdrehung von B einige Kämme von E mehr vorüber gehen, als vorübergegangen wären, wenn D nur eine Bewegung um seine eigene Axe hätte. Dieses hat den Erfolg, daß bei einer ganzen Umdrehung von B das Rad E um einmahl weniger herumkömmt, als es bei der gewöhnlichen Anordnung der Räder herum gekommen wäre.

279.

Soll nach dieser Methode die vorige Aufgabe gelöset werden, wo sich ein Rad während 1009 Umdrehungen eines Getriebes einmahl drehen soll, so vermindere man 1009 um eine Einheit, gebe nach dem vorhergehenden dem Getriebe, das an dem Rade steckt, welches sich in einer gewissen Zeit einmahl drehen soll, 8 Triebstöcke, lasse dieses an das Rad an der Scheibe mit 84 Zähnen eingreifen, bringe an die Welle desselben Rades ein Getriebe von 9 Triebstöcken, und lasse es an ein Rad von 90 Zähnen eingreifen, an dessen

Axe sich ein Getriebe von 10 Triebstöcken befindet, so ist der Aufgabe Genüge geschehen.

280.

Was hier allgemein über die Verhältnisse der Umdrehungszeiten gesagt worden ist, das mag durch die Beschreibung einer gewöhnlichen Taschenuhr erläutert werden, die in Fig. 124 abgebildet ist. Das Gestell besteht aus zwei runden Platten, welche durch vier Pfeiler mit einander verbunden werden, und das eigentliche Räderwerk zwischen sich enthalten. Der bewegende Theil der Uhr ist eine spiralförmig zusammengewundene Stahlfeder, die in der Trommel A enthalten ist. An ihrer äußeren Oberfläche ist eine Kette befestiget, die einigemahl um sie herumgewickelt, und dann mit dem anderen Ende in die Schnecke B eingehängt ist. Wenn die Schnecke gedreht wird, welches beim Aufziehen der Uhr geschieht, so wickelt sich die Kette auf die Schnecke auf, dreht dabei die Trommel und spannt die Feder. Diese sucht sich stets zu entwickeln, übt auf die Schecke einen Zug aus, und dreht sie sammt dem damit in Verbindung stehenden Räderwerke herum. Dieses Umdrehen würde sehr schnell geschehen, und die Uhr würde bald abgelaufen seyn, wenn sie dieses frei thun könnte; allein sie wird hierin durch die Lappen der Spindel wechselweise aufgehalten und wieder frei gelassen. An der Axe der Schnecke befindet sich das Schneckenrad, dieses greift in ein Getriebe, an dessen Axe das große Bodenrad C oder das Minutenrad angebracht ist. Dieses ist wieder mit dem Mittelrade D, das Mittelrad mit dem Kronrade E, dieses mit dem Steigrade F durch Getriebe verbunden. In die schräg stehenden Zähne des Steigrades greift die Spin-

del mit ihren zwei Lappen ein. An die Spindel ist die Unruhe, und unter ihr die Spiralfeder befestiget, die den Gang der Uhr, so wie ein Pendel regulirt. Die Feder kann zur Beförderung oder Verminderung des Ganges der Uhr verkürzt oder verlängert werden.

Man gibt dem Steigrade gewöhnlich 15 Zähne, dem Kronrade 45, dem Mittelrade 48, dem Minutenrade 54, dem Schneckenrade 48 Zähne, dem Getriebe am Steigrade 6, dem am Kronrade 6, am Mittelrade 8, am Minutenrade 8 Triebstöcke.

Hat das Schneckenrad 5 Gänge, und soll es sich in sechs Stunden einmahl umdrehen, damit die Uhr in 30 Stunden ablauft, so muß sich das Minutenrad in jeder Stunde einmahl, das Mittelrad in jeder Stunde 9mahl, das Kronrad 72 mahl, das Steigrad 576mahl umdrehen, und daher die Unruhe 1152 Spindelstreiche machen, so daß auf 5 Secunden 24 solche Streiche kommen.

281.

Wenn ein Rad eine bestimmte Anzahl gleich großer und gleich weit von einander entfernter Zähne bekommen soll, so muß man seinen Umfang in die gehörige Anzahl gleicher Theile theilen können. Bei großen Rädern bedient man sich der geometrischen Mittel, bei kleineren hat man eigene Schneidmaschinen, durch welche nicht bloß die Eintheilung, sondern auch das Einschneiden der Zähne vollbracht wird. Das Wesentliche einer solchen Maschine ist eine kreisförmige Scheibe, die mit mehreren concentrischen und in gleiche Theile getheilten Kreisen versehen ist. Jeder Theilpunct dieser Kreise ist durch eine kleine Vertiefung angemerkt. Das

Rad, in welches die Zähne eingeschnitten werden sollen, wird auf die Axe dieser Scheibe aufgesetzt und fest angeschraubt, doch so, daß es sammt der Axe umgedreht, und zugleich in jeder Lage befestiget werden kann. Dazu dient ein Hebel, der von der Axe, wie ein Halbmesser der Scheibe, ausgeht, und einen Zapfen hat, dessen Spitze in die feinen Vertiefungen der Kreise eingreift, und so das Rad unverrückt erhält. An der Seite der Scheibe ist die scheibenförmige Säge angebracht, welche gleich die Zähne einschneidet. Setzt man den Hebel mit dem Stifte auf den Kreis der Scheibe ein, dessen Eintheilung der Anzahl der Zähne entspricht, welche das neue Rad bekommen soll; so darf man ihn nur von einem Theilpuncte zum andern fortführen, und in jeder dieser Stellungen den Zahn einschneiden.

282.

Die Stärke der Zähne und Triebstöcke richtet sich nach der Größe des Druckes, den sie auszuhalten haben. Weil die Triebstöcke öfters herumkommen, als die Zähne, so macht man sie auch etwas stärker als diese, und zwar gewöhnlich im Verhältnisse 16:13 so, daß ein Triebstock 16 Linien dick seyn muß, wenn ein Zahn eine Dicke von 13 Linien hat.

283.

Das Material, woraus man die Zähne, Kämme und Triebstöcke macht, muß hinlänglich fest und bei Triebstöcken und Zähnen zur Verminderung der Reibung ungleichartig seyn. Bei kleineren Werken, z. B. bei Uhren, macht man die Zähne gerne von Messing, die Triebstöcke von Stahl; bei größeren, z. B. bei Mühlen, jene aus Weißbuchen, diese aus Apfelholz, Weißdorn u. s. w.

284.

Ein äußerst wichtiger Punct ist die Gestalt der Zähne. Man kann sich durch mathematische Untersuchungen überzeugen, daß die Zähne nach einer bestimmten krummen Linie geschnitten werden müssen, ja man kann sogar eine Art Lehre oder Chablone zurichten, und nach dieser die Zähne verfertigen. Gewöhnlich begnügt man sich den Zähnen eine solche Gestalt zu geben, die sich der durch Rechnung bestimmten stark nähert, und dem Abreiben während des Ganges der Maschine die weitere Ausarbeitung zu überlassen.

285.

Die Gestalt der Zähne eines Sternrades, das in ein Getriebe mit cylindrischen Triebstöcken eingreift, soll die einer Epicycloide seyn. Um den Zähnen eine dieser Forderung nahe entsprechende Gestalt zu geben, beschreibt man aus dem Mittelpuncte des Rades einen Kreis (Fig. 125) AB, welcher durch den Punct geht, wo sich ein Triebstock und ein Zahn berühren, (man nennt ihn den Hauptkreis) nimmt an der Peripherie dieses Kreises ein Stück FG, welches der Dicke des Zahnes entspricht, theilt dieses Stück in drei Theile und nimmt die Länge des Zahnes 4 solchen Theilen gleich an. Nun theilt man die Länge wieder in 5 Theile, wovon die zwei äußersten für die Abrundung bestimmt werden. Sind a und b die zwei Puncte, wo die Abrundung anfangen soll, so setze man einen Zirkel zuerst in a ein, und beschreibe mit der Weite ab den Kreisbogen bc, hierauf in a, und beschreibe mit derselben Weite den Bogen ac, so gibt abc die rechte Krümmung des Zahnendes an. Es versteht sich von selbst, daß man nur bei einem Zahne so sorgfältig verfährt.

Ist einmahl einer fertig, so nimmt man diesen als Lehre für die andern an, und formt sie alle genau nach diesem.

286.

Wenn zwei Sternräder in einander greifen, so müssen die Zähne wieder wie vorhin nach einer Epicycloide geformt seyn. Um den Zähnen diese Form zu geben, bedient man sich mit Vortheil eines sehr sinnreichen von Lafontaine angegebenen Verfahrens. Man verzeichnet auf einer ebenen Platte die Hauptkreise der Räder A und B (Fig. 126), theilt den Umfang eines jeden in so viele gleiche Theile, als jedes Rad Zähne bekommen soll, und läßt sie hinreichend über den Hauptkreis hervorstehen, damit die Zähne die gehörige Länge bekommen. Nun bereitet man sich eine Scheibe C vor, deren Halbmesser halb so groß ist, als der des Hauptkreises von B, befestiget ein dünnes und biegsames Metallblättchen mit einem Ende mittelst einer Schraube a an die Scheibe C, mit dem andern mittelst der Schraube b an den Umfang des Hauptkreises von A, drücket die Scheibe so nahe an den Hauptkreis von A, daß sich das Blättchen um ihn herumlegt.

Nun läßt man die Scheibe sich gegen das Rad drehen, und bemerkt die Krümmung des sich abwickelnden Bleches da, wo es an einen zu verfertigenden Zahn ansteht. Diese Krümmung ist die einer Epicycloide, und daher diejenige, welche der Zahn haben muß.

Auf gleiche Weise verzeichnet man auch die Zähne des Rades B, wenn man eine Scheibe zu Hülfe nimmt, deren Halbmesser dem halben Radius des Rades A gleicht, und mit dem Hülfsbleche wieder wie vorhin verfährt.

287.

Außer den Zähnen kommen bei den Rädern auch noch der Kranz, die Speichen, die Welle mit dem Zapfen und die Pfannen in Betrachtung. Bei kleinen Rädern macht man alle Theile derselben mit Ausnahme der Axe aus einem Stücke, bei großen setzt man sie aus mehreren Stücken zusammen.

Die Stücke, aus denen man den Kranz eines Rades zusammensetzt, verbindet man auf mannigfaltige Weise. Es werden nämlich entweder zwei Stücke, die schon die gehörige Krümmung haben, zusammengestoßen und mit einem dritten bedeckt, wie Fig. 127 zeigt, oder sie bekommen zuerst einen rechtwinkeligen Einschnitt, der bis zur Hälfte der Breite reicht, legt sie mit diesen Schnitten an einander und verbindet sie mit eisernen Reifen (Fig. 128), oder man gibt ihnen zickzackförmige Einschnitte, und verbindet sie an diesen Theilen mit Nägeln (Fig. 129), oder es bekömmt ein Stück einen Zapfen, das andere ein Loch, in welches der Zapfen paßt, man stoßt sie zusammen und umfaßt den ganzen Kranz noch dazu mit einem Reife (Fig. 130). Man kann sie auch mittelst sogenannter Schwalbenschwänze an einander fügen, wie Fig. 131 zeigt.

288.

Der Kranz wird mittelst Speichen mit der Welle verbunden. Die Art dieser Verbindung kann sehr mannigfaltig seyn. Fig. 132 stellt drei solche Verbindungen vor. Welche Art der Zusammenfügung man immer wählen mag, so hat man vorzüglich darauf zu sehen, daß der Umfang des ganzen Rades genau in derselben Ebene liege, die auf der Axe senkrecht steht, und daß das Rad seinen Schwerpunct genau in

der Axe habe. Man erkennt leicht, ob dieses Statt findet oder nicht; denn ein Rad, bei welchem der Schwerpunct in der Axe liegt, bleibt in jeder Lage im Gleichgewichte, während ein solches, dessen Schwerpunct sich außer der Axe befindet, nur dann ruhig stehen bleibt, wenn der Schwerpunct vertical unter oder über der Axe liegt.

289.

Die Welle ist ein sehr wichtiger Theil eines Rades, weil sie auf die Regelmäßigkeit und Gleichförmigkeit seiner Bewegung, ja selbst auf die Dauerhaftigkeit des Rades einen sehr großen Einfluß hat. Sie soll stets so beschaffen seyn, daß die Axe des Rades genau in ihrer Mitte liegt. Wo man die Welle aus mehreren Stücken zusammensetzt, wie dieses bei größeren Rädern häufig geschieht, muß man sehr genau darauf sehen, daß alle Stücke dieselbe Dichte haben, damit ja der Schwerpunct in die Axe komme.

290.

Die Zapfen, welche man an hölzerne Wellen befestiget, sollen nicht bloß genau centrirt, sondern auch unbeweglich mit der Welle verbunden seyn. Um eine vollkommene Verbindung zu erhalten, läßt man dem Zapfen an einem Ende einen breiten Lappen (Fig. 133), der in eine eigens dazu bestimmte Spalte der Axe geschoben, und mittelst eines Ringes darin befestiget wird. Manchmahl gibt man ihm zwei solche Lappen, die sich unter einem rechten Winkel schneiden. Bei Rädern, wo ein großer Druck auf die Axe ausgeübt wird, werden beide Zapfen durch eine eiserne Stange verbunden, welche der Länge nach durch die ganze Welle geht.

291.

Die Zapfen bewegen sich in eigens dazu bestimmten Pfannen. Diese Pfannen müssen so fest seyn, daß sie sich nicht leicht durch den Druck der Maschine verschieben, sich nicht zu leicht ausreiben, und überhaupt der Bewegung durch möglichste Verminderung der Reibung zu Hülfe kommen. Weil sich die Zapfen bei der Bewegung erhitzen, so muß auch schon deßhalb eine Flüssigkeit da seyn, welche der Hitze entgegen wirkt, und zugleich auch die Reibung vermindert. Bei Maschinen, wo sich metallene Zapfen in metallenen Pfannen bewegen, wendet man Oehl an; wo zwar der Zapfen von Metall, aber die Pfanne von Stein ist, da thut Wasser gute Dienste. Holz auf Holz wird mit Seife oder Theer vortheilhaft eingeschmiert, einige rühmen sich aber den Graphit noch mehr, als Seife und Theer.

292.

Die Gestalt der Pfannen ist nach dem Zwecke der Maschine, und je nachdem die Welle eines Rades vertical steht oder horizontal liegt, sehr verschieden. Für verticale Axen thun Pfannen von der Form Fig. 134 gute Dienste. Man macht sie aus hartem und gleichartigem Materiale, das von der Luft und von Säuren nicht leicht angegriffen wird. Bei großen Rädern wählt man dazu harten Sandstein, oder noch besser Granit oder Kiesel, bei kleineren Achat. Oft macht man sie auch aus Kupfer und Messing, legt aber dann am Boden ein hartes Stahlblättchen ein. Den Raum, den bei dieser Form der Pfannen die Axe frei läßt, füllt man mit Oehl oder einer anderen fetten Substanz aus, wenn dieses die Natur der Zapfen gestattet. Man muß aber diese Materie oft

ganz erneuern, damit sie nicht ranzig werde, oder sich mit den abgeriebenen Theilen des Zapfens in einen zähen Brei verwandle, der die Bewegung aufhält, und mit der Zeit auch durch die dabei entstandene Säure Zapfen und Pfanne angreift und zerstört.

Für horizontale Axen nimmt man Pfannen von der Form Fig. 135, oder noch besser von der Form Fig. 136. Man macht sie aus Stein, Metall und auch aus Holz. Steineichenholz leistet dazu besonders gute Dienste, wenn es vor dem Gebrauche in Oehl gesotten wurde. Der Raum zwischen der Pfanne und den Zapfen enthält wieder das Schmiermittel. Wenn es einem darum zu thun ist, die Reibung an den Zapfen möglichst zu vermindern, und wenn die Last nicht gar zu groß ist, da wählt man statt der Pfannen Frictionsrollen, das heißt, man legt das Rad mit den Zapfen in die Vertiefung, welche zwei Räder mit recht dünnen Axen an ihrem Umkreise dadurch machen, daß sie neben einander stehen, und sich zum Theile decken, wie Fig. 137 zeigt. So wie das Rad sich bewegt, drehen sich auch die Frictionsrollen; es findet daher beim Rade sowohl, als auch bei der Pfanne eine drehende Bewegung Statt. Findet auch der Zapfen des Rades ein kleines Hinderniß am Umfange der Rollen, so geht er leicht darüber hinweg. Es erleiden freilich auch die Frictionsrollen an ihren Pfannen eine Reibung, allein sie kann sehr leicht durch eine sehr geringe Kraft am Umfange der Rollen überwunden werden, besonders wenn man die Vorsicht nicht vernachlässigt, ihnen recht dünne Axen zu geben. Der Engländer Fitzgerald hat solche Reibungsrollen sogar bei Haspeln, Göpeln, Mühlen, und zwar sowohl bei Wasser-, als bei Windmühlen

anzuwenden gelehrt. Gerstner in Prag hat einen sehr zweckmäßig eingerichteten Wagen mit solchen Rollen angegeben.

293.

Bei manchen Maschinen ist es nicht genug, daß die Pfannen ihren Axen jede Bewegung nach abwärts und seitwärts verwehren, sie müssen auch jeder Bewegung nach aufwärts begegnen. Deßhalb versieht man oft die Pfannen mit einem Deckel, der mit Schrauben an den unteren Theil befestiget wird. Um aber für den Fall, daß sich die Pfannen ausreiben, nachhelfen zu können, gibt man dem Deckel und der eigentlichen Pfanne eine solche Vertiefung, daß sie, wenn sie den Zapfen von unten und oben berühren, nicht zugleich seitwärts an einander anschließen, wie Fig. 138 zeigt. Dadurch wird man in den Stand gesetzt, durch Anziehung der Schrauben, die den Deckel der Pfanne zusammenhalten, beide einander um so viel nähern zu können, als die Größe der Abnützung beträgt.

Man kann auch solche Pfannen aus drei Reibungsrollen zusammensetzen, wie Fig. 139 zeigt. Mehrere berühmte Künstler, wie z. B. Berthoud, Arnold, Mudge, Emery lassen die Spindel der Unruhe ihrer Uhren in solchen Pfannen laufen.

294.

Der Keil wird in unzähligen Fällen gebraucht um Körper zu trennen, und zu spalten; er erscheint in unseren gewöhnlichen Werkzeugen, z. B. in den Messern, Hacken, Stemmeisen, in den Nadeln, Nägeln und spitzigen Bohrern. Die größten Dienste leistet er aber als Pflug.

295.

So verschieden auch die Pflüge gebaut seyn mögen, die man in verschiedenen Ländern zur Bearbeitung des Ackerbodens braucht; so kommen sie doch alle darin mit einander überein, daß der eigentliche Pflugkörper einen Keil vorstellt, durch den ein Erdstreifen von bestimmter Länge und Breite unter einem rechten Winkel von der Erde getrennt, und umgelegt werden soll. Dieses wird durch das Sech A (Fig. 140 a), die Sohle B und das Streichbret C bewirkt. Das Sech schneidet in den Boden vertical ein, und trennt dadurch das zu hebende Stück in der verticalen Ebene von der übrigen Erde, die Sohle löset es von unten ab, und hebt es zugleich, das gänzliche Umwenden bewirkt aber erst das Streichbret, das gleichsam eine Fortsetzung der oberen Fläche der Sohle ist. In einem leichten Boden kann die Sohle zugleich die Trennung in der verticalen Ebene bewirken, und man kann deßhalb das Sech ganz weglassen. Damit die Theile des Pfluges zusammen gehalten, und mit den Zugthieren in Verbindung gebracht werden können, ist der Pflugbaum D vorhanden. Zur Leitung des Pfluges dienen die Sterzen E. Der ganze Pflug stellt gewöhnlich nur einen halben Keil vor; denn der Pflugbaum D, mit dem die Richtung der Zuglinie parallel geht, ist auch mit der Seite des Pfluges gleichlaufend, welche dem Streichbrete C gegenüber steht, und Landseite genannt wird; nur durch die Neigung des Streichbretes erweitert sich der Pflugkörper von vorne nach hinten.

296.

Wenn der Pflug in der Arbeit ist, so wird er durch die

Erdschichte, die er gerade heben soll, abwärts gedrückt. Dieselbe Erdschichte steigt aber am Streichbrete in die Höhe, und sucht daher den Pflug von hinten zu heben. Dieses hat aber auch wieder zur Folge, daß der Vordertheil eine Neigung gegen die Erde bekommt, und so immer tiefer eingreifen müßte, wenn man dieser Kraft nicht begegnete. Die zu hebende Erdschichte drückt den Pflug zwar auch gegen die Landseite, aber dieser Druck wird durch den Widerstand der Erde aufgehoben.

297.

Ist a (Fig. 140 b) der Mittelpunct der abwärts drückenden Kräfte, mithin der Punct, durch welchen die Resultirende aller drückenden Kräfte geht, so kann man sich dieselbe durch die verticale Linie ax vorstellen; hat die Zuglinie die Richtung ay, so muß durch die nach dieser Richtung wirkende Kraft der Pflug auf der horizontalen bc fortgezogen werden. Drückt ad die Größe der Zugkraft aus, so löse man sie in zwei Kräfte ae und ed auf, wovon erstere mit bc, letztere mit ax parallel ist; jene muß dem Pfluge die vorwärts schreitende Bewegung auf der horizontalen bc ertheilen, diese der Kraft, wodurch der Pflug mit der Spitze der Sohle abwärts getrieben wird, das Gleichgewicht halten.

Hieraus kann man begreifen, wie der Gang des Pfluges mit der Größe und Richtung der Zugkraft zusammen hängt.

Ist die Richtung der Zugkraft mit der Landseite des Pfluges parallel, so wird auch der Pflug in der Richtung dieser Seite fortgehen; wie aber die Kraft von dieser Richtung abweicht, so bekommt auch der Pflug eine Neigung

nach der Seite hin, nach welcher die Zuglinie von der Landseite abweicht. Je größer die Neigung der Zuglinie gegen den Boden bc, oder je größer der Winkel eay ist, desto mehr wird von der Zugkraft dazu angewendet, den Pflug aus der Erde heraus zu heben. Bei dem Winkel yae ist der Theil der Zugkraft ad, welcher zu diesem Zwecke verwendet wird, ed; hat aber die Zugkraft die Richtung az, und die Größe af, so daß af = ad, so wird von ihr der Theil gf zum Herausheben des Pfluges verwendet, wie man aus der Zerlegung der af in ag und gd leicht ersieht.

Soll daher der Pflug tiefer gehen, so muß man den Winkel, den die Zugkraft mit der horizontalen macht, kleiner machen; soll er seichter gehen, so muß auch dieser Winkel größer werden. Man bewirkt die Vergrößerung dieses Winkels am leichtesten dadurch, daß man den Punct des Pflugbaumes, wo die Stränge der Zugthiere befestiget sind, näher an den Pflugkörper bringt. Größere Zugthiere geben aber bei derselben Entfernung dieses Punctes vom Pflugkörper schon einen größeren Winkel als kleinere.

298.

Die Schraube wird selten gebraucht, um bedeutende Bewegungen hervorzubringen; sie wird meistens nur zur Erzeugung eines starken Druckes angewendet. Da macht man sie aus Holz oder Metall, besonders aus Eisen. Wenn aber eine Schraube groß seyn soll, so kostet sie sehr viel, falls man sie von Eisen macht, und leistet doch verhältnißmäßig wenig. Deßhalb nimmt man in einem solchen Falle lieber Schrauben aus Holz, versieht sie mit scharfen dreieckigen Gängen, die gegen die Basis zu immer stärker werden,

um ihre Festigkeit zu vermehren, oder man gibt ihnen zwei oder drei neben einander laufende Gänge, um dadurch den Druck, welchen sonst ein Gang auszuhalten hätte, auf zwei oder drei zu vertheilen.

299.

Nicht selten verwendet man eine Schraube dazu, um eine sanfte Bewegung, deren Größe noch dazu genau bestimmt ist, hervorzubringen, wie dieses bei einigen Theilmaschinen, und bei den sogenannten Schraubenmicrometern der Fall ist. Vermög einer eigentlichen Einrichtung dienen sie auch zum Wasserheben.

Wenn alle Gänge einer Schraubenspindel gleichweit von einander entfernt sind, so schiebt sich die Schraube, so oft sie eine ganze Umdrehung vollbracht hat, um einen gleich großen Theil fort. Dasselbe geschieht auch mit der Schraubenmutter, wenn die Schraubenspindel nicht vorwärts und zurück weichen kann, und auch der Mutter keine drehende Bewegung gestattet ist. Bei derselben Einrichtung wird bei einer halben Umdrehung der Schraube nur die Hälfte des Weges zurückgelegt, und man kann leicht einsehen, daß man den Weg, den eine Schraube bei einer vollen Umdrehung vorwärts oder rückwärts macht, d. i. den Abstand zweier Schraubengänge, in so viele gleiche Theile theilen kann, als man am Umfange eines Kreises gleiche Theile anzugeben im Stande ist. Um aber zu erfahren, um den wievielten Theil des Umfanges eine Schraube gedreht worden ist, versieht man den Kopf der Schraubenspindel mit einem Zeiger, und bringt senkrecht auf sie eine Kreisplatte an, deren Umfang in eine große Anzahl gleicher Theile getheilt ist. Der

berühmte Ramsden benützte die Schraube zu seiner vortrefflichen Theilmaschine. Er ließ sie aber in die Zähne eines Rades eingreifen, so daß die ganze Vorrichtung einer Schraube ohne Ende glich.

300.

In vielen Fällen braucht man Schrauben mit so feinen Gängen, daß sich von ihnen durchaus keine gehörige Dauer erwarten läßt. Prony hat diesem Uebel durch eine äußerst sinnreiche Einrichtung der Schraube abgeholfen, bei der man dicke und sehr feste Gewinde anbringen, und dabei doch eine Bewegung erhalten kann, wie sie nur Schrauben mit ungemein feinen Gewinden zu gestatten pflegen. Diese Einrichtung besteht in Folgenden: Die Schraubenspindel AB (Fig. 141) bekömmt drei Schrauben A, B, C, wovon A und B Gänge von einerlei Größe erhalten. Die Gänge von C sind aber um etwas größer oder kleiner, als die von A und B. Die zu A und B gehörigen Schraubenmütter sind fest, die von C läßt sich vorwärts und rückwärts bewegen, und dadurch längst der Schraube C hinschieben. Dreht man nun die Spindel, so bewegt sich die Mutter von C so, als gehörte sie zu einer Schraube, deren Gänge so groß sind, als der Unterschied zwischen den Gängen von A und C. Beträgt z. B. der Abstand zweier Schraubengänge, wie sie A enthält, $\frac{1}{2}$ Linie, der Abstand zweier Gänge von C nur $\frac{2}{5}$ Linien, so schiebt sich die Mutter von C bei jeder vollen Umdrehung um

$$\frac{1}{2} - \frac{2}{5} = \frac{5-4}{10} = \frac{1}{10}$$ Linie fort.

301.

Ein Cylinder, um den eine Röhre so gewunden ist, daß sie Schraubengänge bildet, heißt eine Wasserschraube,

und zwar eine archimedische, weil man dem berühmten Archimedes ihre Erfindung zuschreibt. Man kann eine Wasserschraube auch dadurch zu Stande bringen, daß man nach einer Schraubenlinie Vertiefungen in den Cylinder einschneidet, Bretchen darein so einpfalzt, daß sie auf der Axe des Cylinders senkrecht stehen. Schließen diese Bretchen seitwärts dicht an einander, und werden sie in gleicher Entfernung von der Axe abgeschnitten, so bilden sie eine Schnecke, die man dann in einen hohlen Cylinder, sogenannten Mantel stecken, und auch daran befestigen kann. Dreht sich der Mantel sammt der Spindel um die gemeinschaftliche Axe, so heißt die Vorrichtung Tonnenmühle, dreht sich aber die Schnecke ohne den Mantel, so nennt man sie eine Wasserschraube.

302.

Um sich von der Wirkung dieser Maschine einen Begriff machen zu können, denke man sich die Spindel vertical, und mit dem unteren Theile in Wasser gestellt. Wird sie in dieser Stellung um ihre Axe gedreht, so steht immer ein halber Schraubengang eines Gewindes im Wasser, während die andere Hälfte desselben herausragt; steht aber die Spindel schief, so steigt die eine Häfte des Ganges mehr als bei der vorigen Stellung, und zwar desto mehr, je kleiner der Winkel ist, den die Spindel mit der Horizontalebene macht. Neigt man nun die Spindel so stark, daß die eine Hälfte der Schraube nicht mehr steigt, sondern gar fällt, so kann das Wasser, in welches die untere Oeffnung der Schraube beim Drehen eingreift, immer von einem Schraubengange in den anderen fallen, dadurch bis zum Ende der Schraube gelangen, und daselbst ausfließen. Weil der steigende Theil der Schrau-

be immer nur klein bleibt, so geschieht bei jeder vollen Drehung nur ein Guß. Man kann aber der Spindel zwei oder drei parallele Gänge geben, und dadurch die Wassermenge bei jeder Drehung auf das Zwei- oder Dreifache erhöhen, nur muß einem dann eine hinlängliche Kraft zum Drehen der Schraube zu Gebote stehen.

303.

Damit eine Wasserschraube den größtmöglichen Effect gebe, muß sie gegen den Horizont unter einem Winkel von 60 — 72 Graden geneigt seyn, während die Neigung der Schraubenlinie gegen einen Querschnitt der Spindel, der auf ihre Axe senkrecht steht, 12 — 15 Grade beträgt.

Fünfter Abschnitt.

Von Mitteltheilen der Maschinen.

304.

Es gibt wenige Maschinen, an denen der Theil, auf welchen die bewegende Kraft unmittelbar einwirkt, diejenige Richtung, Geschwindigkeit und Art der Bewegung hat, welche der Zweck der Maschine fordert, oder bei welcher der Nutzeffect der Maschine am größten wird. Es müssen deßhalb recht oft solche Theile an Maschinen angebracht werden, welche die Bewegung zweckmäßig modificiren, und diese heißt man Mitteltheile. Sie zerfallen in zwei Classen. Einige dienen dazu, eine Bewegung mit veränderter oder mit unveränderter Richtung fortzupflanzen, die andern aber um eine Bewegung zu reguliren.

Erstes Kapitel.

Mitteltheile, um eine Bewegung unter veränderter oder unveränderter Richtung fortzupflanzen.

305.

Bei allen zusammengesetzten Maschinen müssen Theile vorhanden seyn, durch welche die Bewegung der ersten Be-

standmaschine, an welche nämlich die Kraft unmittelbar wirkt, zur letzten, an welcher die Last angebracht ist, fortgepflanzt wird. Diese Theile haben oft auch noch die besondere Bestimmung, die Richtung der Bewegung dahin abzuändern, daß sie dem Zwecke entspricht, der durch die Maschine erreicht werden soll. So muß z. B. bei unseren Mahlmühlen, die durch Wasser bewegt werden, ein Rad, das in einer verticalen Ebene umlauft, den Mühlstein in einer horizontalen Ebene drehen; nicht selten muß ein Wasserrad, das eine stete drehende Bewegung nach einerlei Richtung hat, eine geradlinige auf- und abwärts gehende hervorbringen.

306.

Die vorzüglichsten Mittel, welche zu dem genannten zweifachen Zwecke dienen, sind: 1. gezähnte Räder und Rahmen, 2. Kurbeln und Kurbelstangen, 3. krummlinige schiefe Flächen, 4. Stricke und Ketten, 5. Wassersäulen.

Gezähnte Räder und Rahmen.

307.

Es ist eine wohl bekannte Sache, daß unter den Fortpflanzungsmitteln der Bewegung die gezähnten Räder eine sehr große Rolle spielen; sie sind aber schon im vorigen Abschnitte untersucht worden, und es bleibt nur das von ihnen zu erinnern übrig, was sich auf sie als solche Fortpflanzungsmittel, bezieht.

Sternräder, welche in einander eingreifen, pflanzen stets eine Bewegung in derselben Ebene fort, und ändern bloß die Richtung derselben in dieser Ebene in so weit, daß ein Rad

sich links dreht, wenn das andere nächst vorhergehende rechts umlauft.

308.

Will man mittelst Räder eine Bewegung unter einem rechten Winkel fortpflanzen, so muß man ein Kammrad in einen Trilling eingreifen lassen. Denselben Zweck erreicht man auch durch zwei conische Räder, die Fig. 142 darstellt, und man hat dabei noch den Vortheil, daß man diese Räder etwas kleiner machen kann, als ein Kammrad und einen Trilling.

309.

Auch durch ein Sternrad und eine Schraube läßt sich die Richtung einer Bewegung unter einem rechten Winkel fortpflanzen. Greift nämlich die Schraube B (Fig. 98) in die Zähne des Sternrades A ein, so bewegt sich das Rad immer in einer Ebene, welche mit derjenigen parallel ist, in welcher die Axe der Schraube liegt. Man muß sich aber bei dieser Vorrichtung auf eine starke Reibung gefaßt machen, und sie daher nur da anwenden, wo man mit der bewegenden Kraft nicht gar zu haushälterisch seyn muß. Für sachte Bewegungen läßt man gar die Zähne am Rade weg, und schneidet in eine halbkreisförmige Vertiefung am Umfange des Rades feine Schraubengänge ein, wie Fig. 143 zeigt.

310.

Soll eine Bewegung unter einem spitzigen Winkel fortgepflanzt werden, so nimmt man zu conischen Rädern seine Zuflucht, und stellt sie so zusammen, daß ihre Axen den Winkel bilden, unter dem die Bewegung fortgepflanzt werden soll. Es müssen aber die Zähne dieser Räder unter der gehörigen Neigung gegen die Ebene des Kranzes oder gegen die

Axe eingeschnitten werden. Um diese Neigung zu finden, dient folgendes Verfahren:

Es sey AB (Fig. 144) die Axe des ersten, CD die Axe des zweiten Rades, mithin AHD der Winkel, unter welchem die Bewegung ihre Richtung ändern soll. Man ziehe nach Belieben FE mit CD, KI mit AB parallel, jedoch so, daß sich die Entfernung der KI von AB zur Entfernung der FE von CD so verhält, wie die Anzahl der Zähne des ersten Rades zur Anzahl der Zähne des zweiten, oder was dasselbe ist, wie die Anzahl der Umdrehungen des zweiten Rades zur Anzahl der Umdrehungen des ersten während derselben Zeit. Zieht man nun durch die Puncte H und G, wo die Axen AB und CD, und die mit ihnen parallelen EF und KI sich schneiden, die gerade Linie HG; so bezeichnet diese die Richtung der Zähne gegen die Axen AB und CD.

311.

Um eine drehende Bewegung in eine geradlinige, abwechselnd hin und her gehende zu verwandeln, dazu hat man verschiedene gezähnte Vorrichtungen. Die einfachste ist gewiß die, wo ein Sternrad oder ein Trilling in eine gezähnte Stange eingreift, wie an Fig. 145 zu sehen ist. Hat das Rad nur an der Hälfte seines Umfanges Zähne, so wird dadurch die gezähnte Stange auch nur nach einer Richtung bewegt; wird sie nach der entgegengesetzten Richtung durch ein Gewicht getrieben, so erfolgt die Bewegung abwechselnd auf- und abwärts. Hebt das Rad die Stange, wie Fig. 145 zeigt, so fällt sie schon durch ihr eigenes Gewicht, sobald der zahnlose Theil des Rades gegen sie gekehrt ist; wird sie aber durch das Rad abwärts gezogen, so kann sie zum Steigen gebracht wer-

den, wenn man ihr ein Gewicht anhängt, das mittelst einer Schnur über eine feste Rolle geführt wird. Fig. 146 zeigt diese Vorrichtung. Da ist A das Rad, B die gezähnte Stange, C die Rolle, D das Gewicht, welches mittelst des Strickes E an B hängt.

312.

Eine sehr sinnreiche Vorrichtung, wodurch man durch eine drehende Bewegung eine andere abwechselnd nach entgegen gesetzten Seiten zielende hervorbringt, ist Fig. 147 angedeutet. A und a sind zwei gezähnte Räder, die an einer gemeinschaftlichen Axe stecken, BC und bc zwei gezähnte Sectoren, deren Halbmesser in demselben Verhältnisse stehen, wie die der Räder, in welche sie eingreifen. Jeder dieser Sectoren hat eine Verlängerung, die gleichsam einen Backen einer Zange vorstellt. So wie A und a gedreht werden, nähern sich diese Verlängerungen einander und entfernen sich abwechselnd. Man kann bei Scherenwerken von dieser Vorrichtung Gebrauch machen.

313.

Die Vorrichtungen Fig. 145 und 146 haben den großen Fehler, daß bei ihnen die Bewegung nicht ohne großes Stoßen und Poltern vor sich geht. Man wendet sie deßhalb nicht häufig an, sondern zieht ihnen diejenige vor, wo das halbgezähnte Rad A (Fig 148) in einen Rahmen BC gestellt wird, der an beiden Seiten inwendig mit Zähnen versehen ist. Bei dieser Einrichtung geht der Rahmen und alles, was mit ihm in Verbindung ist, abwärts, wenn die ihm zugekehrten Zähne dahin gehen, und steigt wieder, wenn die aufsteigenden Zähne in die andere Seite des Rahmen ein-

greifen. Da geht der Wechsel der Bewegung ziemlich leicht vor sich, besonders, wenn man dem Rahmen auf jeder Seite so viele Zähne gibt, daß das Rad alsogleich in einen Zahn der gezähnten Stange eingreift, wenn der letzte Zahn der gegenüber stehenden Stange ausgelöset worden ist.

314.

Manchmahl zieht man dem gezähnten Rahmen eine andere Vorrichtung vor, die Fig. 149 vorstellt. Da ist A eine gezähnte Stange, B und C zwei Trillinge an derselben Welle, D und E zwei Räder mit halbgezähnten Kränzen, doch so, daß die ungezähnte Hälfte des einen der gezähnten des andern entspricht. So wie die Welle der Räder D und E umlauft, dreht sich die Welle der Trillinge bald nach dieser, bald nach der entgegengesetzten Seite, und ertheilt der Stange A eine geradlinige hin- und hergehende Bewegung.

Kurbeln und Kurbelstangen.

315.

Die Kurbeln gehören zu den Wellrädern, und gewähren schon den Vortheil, den jede einfache Maschine überhaupt darbiethet; sie sind aber auch als Fortpflanzungsmittel der Bewegung von großer Anwendbarkeit, besonders, wenn es sich darum handelt, eine drehende Bewegung in eine abwechselnd hin- und hergehende zu verwandeln.

316.

Die Fig. 150 stellt eine einfache Kurbel vor. Steckt eine solche Kurbel an einem Rade, das sich umdreht, so braucht man nur eine bewegliche Stange daran anzubringen, um sie durch die drehende Bewegung des Rades hin- und her zu

bewegen. Bei unseren Sägemühlen wendet man die Kurbel auf diese Art an, weil es sich da darum handelt, mittelst eines Rades die Säge auf und ab zu bewegen.

317.

Sollen durch ein Rad zwei oder drei Stangen hin und her bewegt werden, so wendet man zweifache und dreifache Kurbeln an. Erstere lernt man aus Fig. 151, letztere aus Fig. 152 kennen. Es liegen aber nicht alle Knie einer solchen Kurbel in einer und derselben Ebene, sondern sie sind meistens gegen einander geneigt, und sehen im Durchschnitte aus, wie Fig. 153 zeigt. Man thut dieses deßhalb, um das Moment der Kraft so gleich als möglich zu machen; denn es ist bekannt, daß das Moment einer beständigen Kraft an einer Kurbel sehr veränderlich ist, weil die senkrechte Linie von der Axe auf die Richtung der Kurbelstange bald größer bald kleiner wird, ja sogar während jeder Umdrehung einmahl = 0, einmahl gleich dem Halbmesser des Kurbelkreises ist. Wollte man allen Kurbeln dieselbe Lage geben, so würden die Momente der Kräfte an allen zu gleicher Zeit am größten und zu gleicher Zeit am kleinsten; gibt man ihnen aber eine Neigung gegen einander, so kann das Moment der Kraft an einer Kurbel wachsen, an der anderen abnehmen, und so bleibt im Durchschnitte die Summe der Momente der Kräfte an allen Kurbeln fast beständig.

318.

Oft ereignet sich der Umstand, daß man an irgend einem Orte eine abwechselnd hin und hergehende Bewegung braucht, und daselbst keine bewegende Kraft hat, durch welche sie ohne großen Aufwand hervorgebracht werden könnte. Hat man

in einiger Entfernung von diesem Orte fließendes Wasser, das im Stande ist, ein Rad zu treiben, so läßt sich die Kraft des Wassers mittelst einer an das Wasserrad angebrachten Kurbel zweckmäßig brauchen, wenn man nur ein Mittel kennt, die Bewegung der Kurbel bis zum gehörigen Orte fortzupflanzen. Ein solches Mittel sind die sogenannten Feldgestänge. Fig. 154 stellt eines vor, das Kolbenstangen von Wasserpumpen bewegt. A ist das Wasserrad, a die Kurbel an seiner Axe, BC eine um C bewegliche an die Kurbel angesteckte Stange, DEFGHIKC ein viereckiger hölzerner Rahmen, der sich um die Puncte D, E, F, G, H, I, K, C verschieben läßt, und sich dabei um die Axen b, c, d, e, dreht, welche auf einem festen Gestelle liegen. LM ist eine Stange, an deren Enden die Kolbenstangen für die Pumpen eingesetzt sind, und die sich beim Verschieben des Rahmens ebenfalls um ihre Axe e bewegt. So wie sich das Wasserrad A dreht, schiebt sich mittelst der Stange BC der ganze Rahmen hin, und wieder zurück, die Stange LM steigt und fällt abwechselnd, und bewegt so die Kolbenstangen.

Diese Vorrichtung hat ihren Namen daher, weil sie oft über Felder und Wiesen weit fort geführt wird, um zum Wasserrade zu gelangen.

319.

Die Kurbel hat der berühmte Watt bei seinen Dampfmaschinen durch zwei Räder ersetzt, die auf eine sehr sinnreiche Weise mit einander verbunden sind, und bessere Dienste leisten, als eine Kurbel. Die ganze Vorrichtung wird durch Fig. 155 vorgestellt. A ist eine Stange, welche durch den Balancier mit der Kolbenstange der Dampfmaschine in Verbindung

steht, und durch sie auf und ab bewegt wird. Am unteren Ende von A ist das Zahnrad B so angemacht, daß es sich nicht um seine Axe bewegen kann. Die Einrichtung dieses Rades sieht man erst deutlich, wenn man es von der auf die Axe senkrechten Seite betrachtet. Da hat es das Ansehen, als bestünde es aus drei Scheiben, wovon die zwei äußeren einen kleineren Durchmesser haben als die mittlere, die auch zahnlos ist, während die zwei äußeren gleiche Zähne haben. Das Rad C ist dem Rade B ganz gleich, mit Ausnahme des mittleren Theiles, der einen kleineren Durchmesser hat als die äußeren Theile, und gleichsam eine Rinne bildet, in welche der Vorsprung des Rades A paßt. Mit B hat ein Schwungrad D einerlei Axe. So wie nun A bewegt wird, entsteht durch den Druck der Zähne des Rades B auf die von C eine Bewegung des letzteren, und mithin auch ein Drehen des Schwungrades.

Krumme schiefe Flächen.

320.

Wenn man eine elliptische Scheibe A (Fig. 156) an eine Axe befestiget, die auf einer festen Unterlage ruht, und auf ihrem Umfange einen Hebelarm BC aufliegen läßt, der sich um eine feste Axe bewegen kann, welche in was immer für einer Entfernung von der Scheibe angebracht ist, so muß dieser Hebelarm abwechselnd steigen und fallen, wenn man die Scheibe dreht. Der Spielraum desjenigen Punctes am Hebel, der an die Scheibe anliegt, wird so groß seyn, als der Unterschied zwischen ihrer größeren und kleineren Axe beträgt; denn wenn die kleinere Axe vertical steht, so liegt der

Punct B des Hebels auf der Scheibe; wird sie um so viel gedreht, daß die größere Axe in die verticale Lage kommt, wie die Scheibe in der Figur zeigt, so ist B nach B′ gekommen, und daher um das Stück BB′ gestiegen, welches dem Unterschiede der zwei Axen gleich ist.

321.

Diese Scheibe A wirkt gerade so, wie eine schiefe Ebene, deren Höhe dem Unterschiede der größeren und kleineren Axe gleich ist; denn es ist klar, daß der Hebelarm BA genau so hoch wie vorhin gehoben würde, wenn man eine schiefe Ebene von der angezeigten Höhe darunter, und gegen seine Axe hinschieben würde; man müßte aber diese Ebene wieder zurückziehen, wenn man den Hebel sinken machen wollte, und daher auf den Vortheil Verzicht leisten, den die Umwandlung einer drehenden Bewegung in eine auf- und abwärts gehende gewährt.

322.

Steckt man an eine Axe mehrere elliptische Scheiben an, um mehrere Hebel bei einer Umdrehung heben und senken zu können, so muß man sie so an die gemeinschaftliche Welle anbringen, daß ihre großen Axen gleiche Winkel mit einander machen, oder den Umfang eines Querschnittes der Welle in gleiche Theile theilen. Dieses geschieht darum, damit die Summe der Momente aller Kräfte an den Scheiben möglichst beständig bleibe, eine Eigenschaft, die zu einem gleichförmigen Gange einer Maschine immer nothwendig ist.

Wollte man z. B. drei solche Scheiben anbringen, und daher drei Hebel in Bewegung setzen, so müßten ihre größeren Axen einen Winkel von $\frac{360^\circ}{3} = 120^\circ$ mit einander machen.

323.

Bei einer einfachen elliptischen Scheibe wird während jeder Umdrehung ein zweimahliges Steigen und Fallen bewirkt. Will man dieses bei einer einzigen Umdrehung öfters wiederhohlt haben, so wählt man statt einer Scheibe ein Rad mit wellenförmigen Ausschnitten, wie Fig. 157 zeigt. Wird ein Hebel durch ein Gegengewicht beständig an den Umfang des Kranzes dieses Rades angedrückt, so steigt und sinkt er bei jeder Umdrehung so oft, als am Umfange des Rades wellenförmige Vertiefungen und Erhöhungen vorhanden sind.

324.

Wenn man bei der Anwendung elliptischer Scheiben nicht bloß den Zweck erreichen will, daß ein Körper überhaupt steigt und sinkt, sondern auch, daß er bei einer gleichförmigen Umdrehung der Scheibe gleichförmig gehoben und gesenkt wird; so muß die Krümmung der Scheibe nach einer bestimmten Regel eingerichtet seyn, weil offenbar die Geschwindigkeit des Steigens und Fallens nicht bloß von der Geschwindigkeit der Scheibe, sondern auch von ihrer Krümmung abhängt.

325.

Wenn ein Körper von A bis B (Fig. 158) gleichförmig steigen soll, während die Welle, an welcher die Scheibe steckt, den Viertelkreis AD beschreibt, so findet man die nöthige Krümmung der Scheibe auf folgende Weise: Man theile AB in eine beliebige, übrigens doch ziemlich große Anzahl gleicher Theile AE, EF, FG ꝛc., in eben so viele gleiche Stücke theile man auch den Quadranten AD. Sind H, I, K ꝛc. die Theilungspuncte, so ziehe man vom Mittelpuncte der Welle oder der zu bestimmenden Scheibe C durch die Theilungspuncte die

Linien CH, CI, CK ꝛc., verlängere sie über den Umfang des Kreises hinaus, und mache dann Ce = CE, Cf = CF, Cg = CG ꝛc., verbinde die Puncte e, f, g ꝛc. mit einander, und man hat die Krümmung des vierten Theiles der Scheibe. Da nun die ganze Scheibe aus vier gleich gekrümmten Stücken besteht, so ist dadurch auch die Krümmung der ganzen Scheibe gegeben.

326.

Von der Richtigkeit dieses Verfahrens überzeugt man sich leicht; denn wenn A auf der Scheibe ruht, und dieselbe gleichförmig von D nach A gedreht wird, so erreicht H nach Verlauf einer gewissen Zeit I, nach Verlauf einer doppelt so großen K, nach Verlauf einer dreimahl so großen A. Wenn aber H in A steht, befindet sich der Körper in E, weil Ce = CE, und hat den Weg AE gemacht; wenn I nach A gekommen ist, steigt er bis F, und ist daher um das Stück AF = 2AE gehoben worden u. s. w.

327.

Soll ein Körper nicht gerade aufwärts steigen, sondern einen Kreisbogen beschreiben, wie dieses beim Hebel AB (Fig. 156) der Fall ist, und dabei eine gleichförmige Bewegung haben, so muß auch die Krümmung der Scheibe anders ausfallen, als im vorhergehenden Falle. Man findet diese Krümmung auf folgende Weise: Es sey der Hebel AB (Fig. 159), welcher durch die Scheibe bewegt werden soll, in einer horizontalen Lage, BC der Bogen, den er beschreiben soll. Man ziehe die Sehne BC, theile sie in eine beliebige, aber doch ziemlich große Anzahl gleicher Theile BD, DE, EF ꝛc., ziehe aus den Theilpuncten D, E, F ꝛc., die horizontalen Linien DG, EH,

FI ꝛc.; ferner aus dem Mittelpuncte K des Kreises, den AB berührt, (welcher Mittelpunct auch zugleich in der Axe der Welle liegt, an welcher die Scheibe steckt) die geraden Linien KG, KH, KI ꝛc. Nun ziehe man den Durchmesser des genannten Kreises BL, theile den halben Kreisumfang in so viele gleiche Theile Bd, de, ef ꝛc., als deren in CB angenommen wurden, nehme mit einem Zirkel die Größe der Sehne Bm, übertrage sie von d nach M, eben so übertrage man Bn von e nach N, Bo von f nach O u. s. w., ziehe durch den Mittelpunct des Kreises K, und durch die Puncte M, N, O ꝛc. die Linien KM, KN, KO ꝛc., mache KP = KG, KQ = KH, KR = KI ꝛc und verzeichne hierauf die krumme Linie BPQRS. Durch diese Krümmung wird der Hebel gehoben. Um die andere Krümmung zu finden, durch welche er denselben Bogen abwärts beschreibt, den er vermög der ersteren aufwärts zurücklegt, verfährt man auf dieselbe Weise wie vorhin: Man theilt sich wieder die Sehne BC in eine beliebige Anzahl gleicher Theile, zieht durch die Theilpuncte die horizontalen Linien auf den Bogen, theilt hierauf den Halbkreis BabcL in eben so viele Theile, wie die Sehne BC, überträgt Bm von a nach a′, Bn von b nach b′, Bo von C nach c′ ꝛc., zieht Ka′, Kb′, Kc′, ꝛc. macht KT = KG, KU = KH ꝛc., und verzeichnet so die Krümmung BTUS.

Dieser Theil der Krümmung wird weniger als einen Halbkreis einnehmen, aber dafür minder gewölbt seyn, und deßhalb doch dasselbe beim Sinken des Hebels AB leisten, was der mehr gekrümmte und größere Theil BRS beim Steigen desselben thut. Die ganze Scheibe bekommt ein herzförmiges Aussehen.

328.

Von der Zweckmäßigkeit dieses Verfahrens überzeugt man sich durch folgende Betrachtung: Wenn durch das Drehen der Welle, an welcher die Scheibe steckt, M nach B kommt, so ist d in m; mithin hat der Punct B des Hebels den Bogen BG beschrieben. Kommt N nach B, so befindet sich e in n, und derselbe Punct des Hebels ist um das Stück des Bogens BH gestiegen; es beträgt also der Bogen, um den der Hebel gestiegen ist, im zweiten Falle doppelt so viel als im ersten, und der Winkel, um den die Welle gedreht worden, ist auch im zweiten Falle doppelt so groß als im ersten.

329.

Zu der Classe der krummen schiefen Flächen gehören auch die Däumlinge, welche man am Umfange einer Welle einsetzt, um bei Stampfwerken, Walkmühlen oder Hammerwerken die Stämpfer oder Hämmer in Bewegung zu setzen.

330.

Ein Stämpfer besteht aus einem Balken, der sich vertical oder schief auf- und abwärts bewegt. Um nur die vorgeschriebene und keine andere Bewegung annehmen zu können, ist er oben und unten in einiger Entfernung von den Enden zwischen Scheidelatten eingeschlossen, die ihm nur den zur Bewegung nöthigen Spielraum lassen. Unten wird er manchmahl beschuht, das heißt mit Eisen oder Messing beschlagen, je nachdem dieses der Körper fordert, welcher zerstampft oder zerstoßen werden soll. Nach Verschiedenheit dieser Körper und der Bestimmung der Maschine geht er bald unten in eine Spitze aus, bald ist er ganz flach, bald gar schief abge-

schnitten, und mit wellenförmigen Vertiefungen und Erhöhungen versehen. Man macht ihn meistens aus Weißbuchen- oder aus Ahornholz.

331.

Damit ein Stämpfer von den Däumlingen einer Welle gehoben werden kann, bekommt er einen Vorsprung unter einem rechten Winkel mit seiner Länge. Diesen heißt man Heblatte. Sie wird von dem aufsteigenden Däumling der Welle gefaßt, gehoben, und in einer gewissen Höhe wieder ausgelassen. Dabei beschreibt der Däumling einen Kreisbogen, während der Stämpfer vertical aufwärts steigt. Die Höhe dieses Bogens und der Weg des Stämpfers sind einander gleich.

332.

Je höher ein Stämpfer gehoben werden soll, desto näher an ihm muß die Heblatte von dem Däumling gefaßt werden, desto kleiner wird der Winkel seyn, den die Heblatte und der Däumling in dem Augenblicke mit einander machen, wo sie einander verlassen.

333.

Wenn der Däumling ganz gerade ist, so wirkt die Last des Stämpfers nicht während des ganzen Hubes mit demselben Momente der Kraft entgegen, sondern es wird dieses Moment immer kleiner, je mehr der Stämpfer bereits gehoben ist. Hat z. B. der Däumling AB (Fig. 160) beim Angriff eine horizontale Stellung, so ist die Last, d. i. das Gewicht des Stämpfers in der Entfernung AB von der Axe der Welle angebracht; ist er bis cd gestiegen, und der Däumling in die Lage Ab gekommen, so ist diese Entfernung viel ge-

ringer. Sie ist gleich AE, und wird gefunden, wenn man von b die verticale bE auf AB herabläßt.

334.

Diese Veränderlichkeit des Momentes der Last muß der Gleichförmigkeit der Bewegung eines Stampfwerkes sehr im Wege stehen, und die Nothwendigkeit herbeiführen, auf Mittel zu denken, wodurch dieser Ungleichheit abgeholfen wird. Um dieses zu bewirken, läßt man einen Stämpfer überhaupt nicht gar hoch steigen, gibt ihm dafür ein größeres Gewicht, um auch bei einer kleinen Fallhöhe eine große Wirkung hervorbringen zu können. Am besten hilft man aber der ganzen Schwierigkeit dadurch ab, daß man den Däumlingen eine Krümmung gibt, die so beschaffen ist, daß der Hebelarm, an dem die Heblatte wirkt, stets gleich lang bleibt.

335.

Um diese Krümmung zu finden, verfährt man so: Es sey ab (Fig. 161) ein Querschnitt des Wellbaums, an dem die Däumlinge eingesetzt werden sollen, CA die kleinste Entfernung der Axe der Welle von der Linie AB, welche die Größe eines Hubes anzeigt. Man beschreibe aus C mit dem Halbmesser CA einen Kreis, mache $Ad = AB$, theile Ad in eine beliebige Anzahl gleicher Theile Ae, ef, fg, ꝛc. ziehe auf die Theilungspuncte e, f, g ꝛc. die Halbmesser ce, cf, cg ꝛc. und errichte da auf den Halbmessern die senkrechten ee′, ff′, gg′. Theilt man nun AB in eben so viele gleiche Theile Am, mn, no ꝛc. als deren in Ad angenommen wurden, und macht $ee' = Am$, $ff' = An$, $gg' = Ao$ ꝛc., zieht dann durch die Endpuncte e′ f′ g′ ꝛc. die krumme Linie A e′ f′ g′ d; so gibt diese die Krümmung an, welche der Däumling bekommen soll,

336.

Wenn man auch einem Däumling die gehörige Krümmung gibt, so behält er sie doch nicht immer bei, weil er durch die Reibung an den Heblatten abgenützt wird. Wären alle Theile eines Däumlings gleich hart, so würde dadurch seine Gestalt nicht geändert, und es brächte die Reibung keine andere Wirkung hervor, als eine Verkürzung des Däumlings, mithin eine Verminderung des Hubes des Stämpfers; allein da diese Voraussetzung nicht Statt findet, so muß auch die Krümmung des Däumlings durch die Reibung geändert werden, und dadurch dasselbe Uebel wenigstens zum Theile eintreten, welches bei geradlinigen Däumlingen in hohem Grade Statt hat. Um diesem zu begegnen, beschlägt man die Däumlinge am oberen Theile ihrer Krümmung mit Eisen. Einen ähnlichen Beschlag von Messing oder Kupfer bringt man auch an der unteren Seite der Heblatten an, weil auch diese sonst durch die wiederhohlten Angriffe der Däumlinge abgenützt, und deßhalb von den Däumlingen später ergriffen, und früher wieder ausgelassen werden.

337.

Außer der nicht unbedeutenden Reibung an den Däumlingen und Heblatten findet bei Stampfwerken auch noch eine andere weit größere, und dem Gange der Maschine nachtheiligere an den Stämpfern da Statt, wo sie von den Scheidelatten eingeschlossen sind. Rollen, die man den Stämpfern zur Seite anbringt, und die sich drehen, wenn jene steigen oder fallen, vermindern sie zwar etwas, allein sie bleibt dabei noch immer sehr bedeutend, und zwar desto größer, je länger die Heblatten sind. Durch große Verkürzung der Heb-

latten könnte man freilich dem Uebel ziemlich abhelfen, allein man würde eben dadurch die Hubhöhe und die Masse eines Stämpfers an demselben Grade vermindern, und daher der Kraft des Stoßes mehr Abbruch thun, als man ihr zu Hülfe käme. Aus diesem Grunde nimmt man zu solchen Heblatten seine Zuflucht, die mit der Welle, in welche die Däumlinge eingesetzt sind, parallel laufen, und läßt daher Däumling und Heblatte sich kreuzen, wie Fig. 162 zeigt.

Da kann man an einem Stämpfer A mehrere Löcher wie a, b, c anbringen, und die Heblatte desto höher stecken, je weniger der Hub des Stämpfers betragen darf. Da aber durch solche Löcher, die Festigkeit des Stämpfers sehr vermindert wird, so muß man die Heblatte so schwach als möglich machen, damit die Löcher nicht zu groß seyn dürfen. Man thut recht gut, wenn man die Heblatte an beiden Seiten des Stämpfers hervorstehen läßt, und den Däumling gabelförmig macht, damit er beide Latten des Stämpfers zugleich ergreift; denn da hat jedes Stück der Latten nur die halbe Last des Stämpfers zu heben, und ist daher bei einer geringen Stärke schon fest genug.

338.

Daß auch ein so eingerichteter Stämpfer oben und unten zwischen Scheidlatten gehen muß, versteht sich von selbst. Ist A (Fig. 162) ein solcher Stämpfer, BC und DE die Scheidlatten; so muß ihre Entfernung BD wenigstens 3mahl so groß seyn, als die Höhe, um welche A gehoben werden soll. Der Ort F, wo die Heblatte am Stämpfer angebracht ist, muß von DE immer um weniger abstehen, als die Hälfte von BD beträgt.

339.

Wiewohl ein Stampfwerk auf diese Art eingerichtet, vor einem, wie es vorhin angeführt wurde, bedeutende Vorzüge hat, so will man sie doch dem nachsetzen, wo der Stämpfer A (Fig. 163) mittelst einer Kette, die an einem Hebel BCD angebracht ist, gehoben wird. Bringt man nämlich an dem einen Arme CD des Hebels eine um D bewegliche Stange DE an, die zwischen zwei Rollen a und b geht, und mit einer Heblatte versehen ist; so wird eine mit Däumlingen gehörig besetzte Welle E beim Umdrehen die Stange DE mittelst der Heblatte herabdrücken, und dadurch den Stämpfer A heben, hierauf aber wieder auslassen, so daß der Stämpfer fallen kann. Es muß aber der Hebel BCD in B einen Kreisbogen haben, der mit dem Halbmesser BC (wo C die Axe des Hebels vorstellt) beschrieben ist, damit der Stämpfer ganz vertical gehoben, und nicht so, wie dieses bei den zwei vorhin erwähnten Stämpfern der Fall war, an die Scheidlatten angedrückt werde. Bei dieser Einrichtung erleidet er offenbar eine sehr geringe Reibung an den Scheidelatten, und kann einen viel größeren Nutzeffect geben, als bei einer der vorher erwähnten.

340.

Man mag was immer für eine von den drei Einrichtungen wählen, die hier betrachtet wurden, so muß man doch 1. immer an einem Querschnitte der Welle so viele Däumlinge einsetzen, als man während einer Umdrehung derselben Stöße von Seite des Stämpfers, den sie treffen, hervorbringen will. 2. Wenn mehrere Stämpfer durch dieselbe Welle in Bewegung gesetzt werden, sie so anordnen, daß

einer nach dem andern gehoben wird, und auch einer nach dem andern fällt, und zwar in gleichen Zwischenzeiten. Man bewerkstelliget dieses dadurch, daß man längst der Welle so viele Linien zieht, die mit ihrer Axe parallel laufen und gleichweit von einander abstehen, als durch die Welle Stämpfer bewegt werden sollen. In jede dieser Linien kommt ein Däumling, dessen Entfernung vom Ende der Welle natürlich so eingerichtet werden muß, daß er die Heblatte trifft.

Ketten und Stricke.

341.

Man bedient sich bei vielen Maschinen als Fortpflanzungsmittel der Bewegung der Ketten und Stricke. Letztere macht man aus Hanf oder Pferdehaaren, ersetzt sie wohl auch durch Riemen; erstere werden meistens aus Eisen verfertiget.

342.

Eine Kette muß außer der gehörigen Stärke auch noch eine hinreichende Biegsamkeit haben, und die Körper, um welche sie geschlungen wird, nicht zu sehr angreifen. Deßhalb liegt sehr viel daran, welche Gestalt man den einzelnen Gliedern gibt, und wie man sie mit einander verbindet. Die gewöhnlichsten und brauchbarsten Ketten sind in Fig. 164 abgebildet.

Die Kette a hat kreisrunde Ringe, die folgende b in die Länge gezogene; sie erleidet eine größere Spannung als a, ohne daß sich ihre Glieder verändern; c hat zweierlei Glieder, es folgt nämlich immer auf ein ovales ein Glied mit doppelter Krümmung, sie ist biegsamer, als die vorigen

zwei; d besteht aus Theilen, deren jeder der Ziffer 8 ähnlich ist; e hat da, wo sich die 8förmigen Glieder durchkreuzen, einen Ring, um jedes Weichen der Glieder möglichst zu verhindern, und sie für größere Spannungen geschickt zu machen. Die Glieder von f sind besonders für große Spannungen berechnet, noch mehr die von g. Die Form h gibt eine sehr biegsame, wenn auch gerade nicht gar starke Kette. Die einzelnen Glieder sind mittelst eiserner Stifte mit einander verbunden; bei unseren Taschen- und Stockuhren hat die Kette gewöhnlich diese Gestalt. i gibt die Glieder einer Kette, die ungemein stark ist, und in England fast überall gebraucht wird, wo große Kräfte auf eine Kette wirken.

343.

Stricke und Ketten können in manchen Fällen die Zähne der Räder vertreten. Verbindet man nämlich die beiden Enden eines Strickes oder einer Kette mit einander so, daß hieraus ein Strick oder eine Kette ohne Ende hervorgeht, legt sie an den Umfang zweier Räder so stark an, daß sie eine bedeutende Reibung am Umfange derselben erleiden, so nimmt das Rad, welches gedreht wird, den Strick oder die Kette mit sich fort, und hat zur Folge, daß die Reibung am Umfange des zweiten Rades als bewegende Kraft für dasselbe wirkt. Man bringt meistens am Umfange der Räder eine kleine Vertiefung an, damit die Stricke nicht abglitschen, für Ketten versieht man sie auch nicht selten mit eigenen Haken und gabelförmigen Aufsätzen, die in der Richtung des Halbmessers des Rades liegen, und die Kette beim Drehen eines Rades abwechselnd fassen und wieder auslassen.

344.

Ketten braucht man nur ein für allemahl am Umfange der Räder fest anzuspannen, sie verharren dann schon in dieser Spannung, wenn sie nur fest genug sind, die Glieder sich nicht ziehen, oder wenn sie die Räder nicht zu stark angreifen, und dadurch ihren Umfang verkleinern. Bei Stricken ist dieses nicht so. Diese erleiden besonders durch Feuchtigkeit eine große Veränderung der Länge, und schließen deßhalb bald mehr bald weniger an die Räder an. Darum versieht man Räder, deren Verbindungsmittel Stricke sind, meistens mit einer eigenen Vorrichtung zum Spannen derselben. Man richtet nämlich die Pfannen, worin die Axen dieser Räder gehen, so ein, daß man sie mittelst eines Keils oder einer Schraube einander nähern, oder von einander entfernen kann. Nicht selten ersetzt man diese Vorrichtung dadurch, daß man statt eines einzigen Rades mehrere concentrische Räder mit verschiedenen Halbmessern anwendet, wie Fig. 165 zeigt. Verkürzt sich der Strick, so legt man ihn um den Umfang des kleineren, verlängert er sich, um den des größeren Rades. Dadurch erlangt man auch noch den Vortheil, daß man die Geschwindigkeit des Rades nach Belieben abändern kann; denn es ist klar, daß das kleinere Rad während einer Umdrehung des größeren desto mehrere Umläufe machen wird, je kleiner der Halbmesser jenes gegen den Halbmesser dieses ist.

345.

Wird ein Strick um zwei Räder so gespannt, wie Fig. 166 zeigt, so drehen sich beide Räder nach einerlei Richtung; kreuzen sich aber die Stricke, wie in Fig. 167, so geht eines der beiden Räder von der Rechten zur Linken, während sich

das andere von der Linken zur Rechten dreht. Bei der letzteren Verbindung der Räder wird ein größerer Theil des Radumfanges vom Stricke umfaßt, als bei der ersten, es ist daher auch die Reibung größer, und man kann eine größere Last an das eine Rad anbringen, ohne befürchten zu müssen, daß dadurch die Reibung überwunden werde, und daher der Strick über den Umfang des Rades hingleite, ohne es zu drehen.

346.

Mit Ketten und Stricken kann man auch eine drehende Bewegung in eine geradlinige verwandeln. Bei den Haspeln wickelt sich z. B. ein Strick oder eine Kette beständig um den sich drehenden Rundbaum, und zieht dadurch die Last aufwärts oder horizontal fort. Selbst ein Hebel BD, (Fig. 163), der um seine Axe C gedreht wird, und am Ende B mit einem Kreisbogen vom Halbmesser CB versehen ist, an dem sich eine Kette anlegt, wovon ein Ende daran fest gemacht ist, hebt oder senkt eine Last nach einer geraden Linie, wenn sie am anderen Ende der Kette angebracht wurde.

Wassersäulen.

347.

Jedes von den bis hieher angegebenen Mitteln zur Fortpflanzung einer Bewegung hat seine Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, diese Fortpflanzung auf eine große Entfernung zu veranstalten. Die Feldgestänge gestatten noch unter allen die größte Erweiterung, aber sie werden zu kostspielig, wenn sie weit fortgeführt werden sollen, brauchen einen großen Theil der bewegenden Kraft bloß zur

Ueberwindung der Reibung, die sie erleiden, und fordern auch einen freien offenen Platz.

348.

Allen diesen Ungemächlichkeiten glaubt Baader durch Wassersäulen auszuweichen. So wie bei der Bramah'schen Presse (Fig. 20) der Druck des Kolbens im kleinen Cylinder durch die horizontale Röhre bis zum anderen Kolben mittelst Wasser fortgepflanzt wird; eben so könnte man dieses im Großen ausführen. Man könnte die Röhren nach Belieben verlängern, sogar unter der Erde fortleiten, so daß urbares Land, Bäume, Häuser und andere Gegenstände der Fortpflanzung der Bewegung gar nicht im Wege stünden.

349.

Der einzige widrige Umstand, der bei solchen Röhren nicht vergessen werden darf, ist, daß auch hier eine Reibung an den Wänden Statt findet, die von der Länge der Röhren, von ihrer Weite und von der Geschwindigkeit des Wassers abhängig ist. Allein, wenn man die Röhre nicht gar zu eng macht, und das Wasser dem Zwecke gemäß nur eine geringe Geschwindigkeit haben darf, so wird diese Reibung immer um vieles kleiner seyn, als bei einem Feldgestänge, und Wassersäulen werden auch hierin dieselben übertreffen, aller übrigen Vortheile gar nicht zu gedenken.

Zweites Kapitel.

Mitteltheile, um eine Bewegung zu reguliren.

350.

Wenn bei einer Maschine das Moment der Kraft und

Last nicht beständig ist, oder wenn sich nicht beide nach demselben Gesetze ändern, so entstehen Unregelmäßigkeiten in der Bewegung derselben. In vielen Fällen hält man dieses gerade für keine schlechte Eigenschaft, in den meisten aber leidet dadurch der Effect der Maschine so sehr, daß man alle Mittel anwenden muß, um den Unregelmäßigkeiten der Bewegung abzuhelfen, und sie gleichförmig zu machen. Zu diesen Mitteln gehören vorzüglich: Schwungräder, Schnecken, excentrische krumme Flächen, veränderliche Gegengewichte, Windfänge und conische Pendel.

Schwungräder.

351.

Ein Schwungrad heißt ein solches Rad, welches durch seine bedeutende Größe der Bewegung eine Maschine in einem ziemlich gleichförmigen Gange erhält, wenn auch das Moment der Kraft oder der Last kleinen Veränderungen unterliegt, und welches überhaupt jeder plötzlichen Aenderung der Bewegung entgegenwirkt. Um die Wirkung eines Schwungrades deutlich einzusehen, denke man sich ein Rad, das entweder wegen seiner großen Masse, oder wegen seiner großen Geschwindigkeit eine bedeutende Größe der Bewegung hat. Nimmt die Kraft, welche dieses Rad bewegt, um etwas weniges zu, so wird dadurch die Größe der Bewegung desselben nur um wenig vermehrt, weil der neue Zuwachs entweder eine große Masse zu bewegen hat, oder weil die Zunahme der Geschwindigkeit ziemlich bedeutend seyn muß, wenn sie merklich seyn soll. Ersteres wird dann der Fall seyn, wenn das Rad eine große Masse hat, letzteres, wenn es recht schnell umlauft.

Läßt man hingegen die bewegende Kraft um etwas weniges geringer werden, so wird dadurch die Abnahme der Geschwindigkeit aus denselben Gründen fast unmerklich werden; ja wenn die bewegende Kraft ganz zu wirken aufhörte, so würde doch die Bewegung des Rades desto längere Zeit fortdauern, je bedeutender die Größe der Bewegung desselben ist; finge die bewegende Kraft nach Verlauf einer kurzen Zeit von Neuem zu wirken an, so würde die durch ihre unterbrochene Wirksamkeit entstandene Aenderung der Bewegung, desto weniger in die Augen springen, je namhafter des Rades Bewegungsgröße ist. Hieraus kann man auch sehen, daß ein Schwungrad die bewegende Kraft einer Maschine nicht unterstützt, sondern sie sogar um denjenigen Theil vermindert, der zur Bewegung des Schwungrades ohne die Maschine verwendet wird, weil es selbst als träge Masse durch dieselbe Kraft bewegt werden muß.

Ein Schwungrad bringt daher nur so viel Nutzen, als aus der größeren Gleichförmigkeit des Ganges einer Maschine überhaupt entspringt, insbesondere aber den, daß nicht so viel Kraft durch das stoßweise erfolgende Wirken und durch plötzliche Aenderung der Bewegung verloren geht.

352.

Aus dem Vorhergehenden wird man erkennen, daß die Anwendung eines Schwungrades nur da von Nutzen seyn kann, wo man durch den gleichförmigeren Gang der Maschine Vortheil zu erreichen hoffen kann, und daß man kein Schwungrad größer machen soll, als es gerade nothwendig ist, um den genannten Gang hervorzubringen; denn sonst beeinträchtiget man die bewegende Kraft ohne Zweck und Nutzen.

353.

Bei Rädermaschinen ist jedes Rad für sich schon ein Schwungrad, und kann kleinen Unregelmäßigkeiten der Bewegung desto mehr steuern, je größer und je massiver es ist. Man würde unzweckmäßig verfahren, wenn man an solchen Maschinen noch insbesondere ein Schwungrad anbringen wollte.

354.

Da Schwungräder nur durch ihre Größe der Bewegung wirken, und diese von ihrer Masse und von ihrer Geschwindigkeit abhängt, so ist es begreiflich, daß ein kleines Rad im schnellen Laufe dasselbe bewirken kann, was ein größeres bei einer langsameren Bewegung ausrichtet. Wo es einem frei steht, einem Schwungrade durch einen oder den anderen dieser beiden Puncte die nöthige Wirksamkeit zu geben, da zieht man immer kleinere und schneller laufende Räder den größeren und langsamer gehenden vor, weil große Räder wegen ihrem größeren Gewichte auch eine größere Reibung verursachen. Man sucht auch immer die Masse eines Schwungrades so viel als möglich gegen seinen Umfang zu concentriren, weil die Theile eines Rades eine desto größere Geschwindigkeit haben, je weiter sie von der Axe entfernt sind, und daher in demselben Verhältnisse mehr ausgeben. Hat daher eine Maschine Bestandtheile, die sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten drehen, so gibt man immer das Schwungrad an diejenige Welle, die am schnellsten umlauft. Uebrigens sorgt man auch dafür, daß das Schwungrad, welches der unregelmäßigen oder veränderlichen Wirkung der bewegenden Kraft abhelfen soll, immer so nahe als möglich an

dem Angriffspuncte der Kraft angebracht werde, während man es dem Angriffspuncte der Last möglichst nähert, wenn man die ungleiche Wirksamkeit der Last dadurch unschädlich machen will.

355.

Bei mechanischen Vorrichtungen, wo die Last eine geraume Zeit hindurch beständig ab- oder zunimmt, wird man mittelst eines Schwungrades die Bewegung keineswegs gleichförmig machen können; da muß man zu Schnecken, zu excentrischen Scheiben oder veränderlichen Gegengewichten seine Zuflucht nehmen.

Schnecken.

356.

Schnecken werden vorzüglich angewendet, wenn die bewegende Kraft eine elastische Feder ist, wie bei unseren Taschenuhren. Da diese Federn eine desto stärkere Kraft äußern, je mehr sie zusammengewickelt werden, mithin beim Entwickeln immer weniger an einer Last ziehen, je mehr sie sich ihrer natürlichen Gestalt nähern; so müßte die Bewegung, die sie hervorbringen, großen Abweichungen von der Gleichförmigkeit unterliegen. Fordert der Zweck einer Maschine eine ganz gleichförmige Bewegung, so muß man das Moment der Kraft der Feder beständig zu machen suchen. Dieses geht am leichtesten dadurch an, daß man dem Angriffspuncte der Kraft die geringste Entfernung von der Axe gibt, wenn die Feder ganz gespannt ist, und diese Entfernung von der Axe stetig zunehmen läßt, so wie die bewegende Kraft geringer wird, oder so wie die Feder sich entwickelt.

Eine solche Welle mit stetig wachsenden Halbmessern ist die Schnecke, welche in A (Fig. 124) abgebildet ist.

Excentrische Scheiben.

357.

Auf ähnliche Weise, wie die Schnecken, wirkt auch eine excentrische Scheibe; sie vermehrt nämlich so wie jene den Hebelarm, an dem eine Kraft mittelst einer Kette oder eines Strickes wirkt, und hilft dadurch der unregelmäßigen Bewegung einer Maschine ab.

358.

Solche Scheiben leisten vorzüglich gute Dienste, wo man aus sehr tiefen Gruben Erze oder andere Stoffe, die der Fleiß des Bergmannes liefert, zu Tage fördern will. Da zieht man sie mittelst Ketten oder Stricken, die sich um eine Welle winden, in eigenen Kübeln herauf, und richtet die Sache so ein, daß immer ein solcher Kübel voll herauf gezogen wird, während ein anderer leer hinabgeht, mithin daß sich eine Kette auf- die andere abwickelt. Ist der Schacht sehr tief, so wiegt oft das Kettenstück, welches vom Wellbaume bis auf den Boden reicht, mehr als die gehobene Last sammt dem leeren Kübel. Im Anfange der Bewegung hat natürlich der volle Kübel das Uebergewicht, und die bewegende Kraft muß dahin wirken, daß sich die Kette mit dem vollen Kübel aufwickle. Da sich aber dabei das andere Kettenstück beständig mehr abwickelt, so muß der Zug nach der entgegengesetzten Seite beständig wachsen, und endlich dem Zuge des vollen Kübels nach abwärts gleich und entgegengesetzt seyn. Wie nun die Last noch mehr gehoben wird, so daß

die Kette am leeren Kübel das Uebergewicht bekommt, so wird die Welle unmäßig beschleunigt, und der Maschine beträchtlicher Schaden zugefügt. Ehemahls half man diesem Uebel dadurch ab, daß man eine dünne Kette zugleich mit am vollen Kübel sich aufwickeln ließ, an deren unterem Ende ein recht massives Kettenstück hing. So lange beide Ketten mit den Kübeln noch nicht ins Gleichgewicht gekommen waren, lag die schwere Kette unten am Boden auf, sobald aber auf die Seite des leeren Kübels das Uebergewicht fiel, hob sich die schwere Kette, und benahm so dem leeren Kübel das Uebergewicht. Allein dadurch brachte man nie eine völlige Ausgleichung der Kräfte zu Stande, weil das Gewicht der kleineren Hülfskette, das doch bei tiefen Gruben immer ziemlich beträchtlich ist, gar nicht mit in die Rechnung kam.

359.

Zweckmäßiger hilft man diesem Uebel durch eine excentrische Scheibe ab. Eine solche Scheibe, wie sie der Engländer Featherstonhaugt zuerst angegeben hat, wird in Fig. 168 vorgestellt. **A** ist die Welle, welche durch irgend eine Kraft mittelst einer Kurbel umgedreht wird, **b** und **c** sind die Stricke, die nach entgegengesetzten Richtungen um **A** gewickelt sind. An der Axe der Welle befindet sich ein Getriebe, das in ein Rad **B** eingreift. Die Anzahl der Zähne des Rades und des Getriebes ist so ausgemittelt, daß sich das Rad **B** einmahl umdreht, während die Last vom untersten Puncte bis zum höchsten gehoben, und wieder dahin zurück geschickt wird. An der Axe befindet sich die excentrische Scheibe **CD**, welche am Umfange eine Rinne hat, um einen Strick oder eine Kette **cd** aufnehmen zu können, die über die Rolle **E**

geht, und am Ende ein Gewicht F trägt. Beim Anfange der Bewegung steht die Maschine so, wie die Zeichnung weiset; wie aber A, und dadurch auch das Rad B gedreht wird, windet sich auch die Kette cd um die Scheibe CD. Hat nun diese eine solche Gestalt, daß die senkrechten Linien, welche man von der Axe auf die Richtung der Kette zieht, gleichförmig zunehmen, so nimmt auch das Moment des Gewichtes F gleichförmig zu, und wiegt daher die eben so wachsende Last der sich abwickelnden Kette auf.

360.

In vielen Fällen leisten veränderliche Gegengewichte zur Ausgleichung der Ungleichförmigkeit einer Bewegung sehr gute Dienste. Ein solches Gewicht stellt Fig. 169 vor. Es besteht aus mehreren massiven Stücken A, B, C, D, die mittelst Stangen mit einander verbunden sind. Die Verbindung ist aber so veranstaltet, daß sich ein Stück von dem andern um einen guten Theil entfernen kann, ohne das nächstfolgende mitzuziehen. Deßhalb ist jedes Stück vertical durchbohrt, und hat seitwärts einen kleinen horizontalen Vorsprung a, b, c, d. Diesen faßt der in der verticalen Oeffnung befindliche Rahmen, der mehrere Querleisten hat, mit seinem oberen Ende, und wird zugleich mit dem Stücke in die Höhe gezogen. Ist er so weit gehoben, daß die zweite Querleiste des Rahmens an den Vorsprung b ansteht; so wird B gehoben, und so fort, bis alle Stücke gehoben sind. Beim Senken des Gewichtes sitzt wieder ein Stück desselben nach dem andern auf dem Boden auf, und das Gewicht nimmt daher wieder eben so ab, wie es beim Steigen zugenommen hat.

361.

Der Gedanke, welcher den veränderlichen Gegengewichten zu Grunde liegt, lieferte auch bei Dampfwägen, durch welche eine Reihe anderer belasteter Wägen fortgezogen wird, einen zweckmäßigen Regulator. Diese Wägen sind nämlich mittelst Ketten an einander gehängt; weil aber die Dampfmaschine nicht gleich Anfangs ihre volle Kraft hat, und daher nicht alle Wägen ziehen kann, deren Last auf ihre ganze Kraft berechnet ist, so gibt man den Ketten, die einen Wagen mit den anderen verbinden, eine solche Länge, daß die gesammte Last nicht eher in Bewegung gesetzt wird, als bis die Maschine die volle Kraft hat.

Windfänge.

362.

Nicht selten nimmt man zu Regulatoren bloß deßhalb seine Zuflucht, um die Geschwindigkeit einer Bewegung zu vermindern. Dieses ist z. B. bei den Schlagwerken unserer Uhren der Fall. Gäbe es da keine Vorrichtung, wodurch die Geschwindigkeit gemäßigt würde, so würde das Räderwerk so schnell laufen, und der Hammer so geschwind seine Schläge machen, daß man sie gar nicht zu zählen im Stande wäre. In solchen Fällen wendet man die sogenannten Windfänge an. Diese sind Räder, welche wie unterschlächtige Wasserräder gebaut sind, aber nur zwei oder höchstens vier Schaufeln oder Windflügel haben. Diese erleiden bei ihrer Bewegung einen so großen Widerstand in der Luft, daß sie bei gehöriger Größe ein ganzes Werk aufzuhalten im Stande sind.

Die sogenannten Hemmungen im Gehwerke unserer Uh-

ren leisten dasselbe für den Gang der Räder des Gehwerkes, und wirken überhaupt dahin, die Bewegung desselben möglichst gleichförmig zu machen.

Conische Pendel.

363.

Ein anderes Mittel, wodurch die Geschwindigkeit einer Bewegung gehemmt wird, und welches man vorzüglich bei Dampfmaschinen anwendet, ist das conische Pendel, welches Fig. 170 vorstellt. AB ist eine verticale Stange, AC und AD zwei andere kürzere Stangen, welche sich in A um eine horizontale Axe drehen, und sich dadurch mehr oder weniger von AB entfernen können. In C und D haben sie kugelförmige Massen.

So wie sich die Stange AB um ihre Axe dreht, entfernen sich die Körper C und D desto mehr von ihr, und AC und AD machen mit ihr einen desto größeren Winkel, je schneller sich AB dreht, je größer die Massen C und D sind, und je mehr sie sich schon von AB entfernt haben.

364.

Der Grund dieser Erscheinung liegt in dem Bestreben der Körper nach einer geraden Linie vermög ihrer Trägheit fortzugehen, nach der sie von der bewegenden Kraft im ersten Augenblicke getrieben werden. Ist nun ein Körper gezwungen, sich in einer krummen Linie zu bewegen, so entsteht hieraus ein Bestreben nach einer Richtung sich von ihr zu entfernen, die auf der Berührungslinie des Punctes, wo er sich befindet, senkrecht steht. Man nennt dieses Bestreben Fliehkraft, und überzeugt sich von dem Vorhandenseyn derselben ohne mathematische Untersuchungen aus unzähligen Erscheinun-

gen. Schwingt man z. B. einen Stein, der an einem Faden hängt, im Kreise herum, so wird der Faden auch dann gespannt, wenn der Stein den obersten Punct einnimmt, ganz gegen den Zug der Schwere, ja er kann sogar den Faden nach aufwärts zerreißen. Eben so werden Körper, die man auf ein horizontales, schnell bewegtes Rad legt, von demselben weggeschleudert; ja selbst die Theile eines Rades erleiden bei ihrem Umschwunge durch die Fliehkraft eine beständige Spannung, der sie nur durch eine feste Verbindung aller ihrer Theile Widerstand leisten können, und werden nach allen Seiten fortgeschleudert, wenn sie sich wirklich von einander los gemacht haben.

365.

Die Anwendung des conischen Pendels bei Dampfmaschinen geschieht auf eine sehr sinnreiche Weise:

Man bringt nämlich den Hahn, welcher den Dämpfen den Uebergang vom Kessel in den Dampfcylinder gestattet, mit den Stangen AC und AD in Verbindung, und richtet zugleich die Sache so ein, daß die schnellere oder langsamere Bewegung der Stange AB von der Geschwindigkeit des Kolbens abhängt. Je schneller dieser spielt, desto schneller dreht sich AB, desto größer wird die Fliehkraft der Körper C und D, und desto mehr entfernen sie sich von AB. Dabei ziehen sie an dem Dampfhahne, verschließen die Communication zwischen dem Dampfcylinder und dem Kessel zum Theile, und setzen so die Geschwindigkeit des Kolbenspieles herab.

Sechster Abschnitt.

Von der Festigkeit der Materialien.

366.

Bei dem Bau einer Maschine kommt fast immer die Frage vor: wie stark ist der Zusammenhang der Materie, aus welcher man die Maschine bauet, oder mit welcher Kraft widersteht sie der Trennung? weil man ohne Beantwortung derselben über die nöthige Stärke einzelner Bestandtheile kein Urtheil fällen kann.

Die Kraft, mit welcher ein Körper der Trennung widersteht, heißt man seine Festigkeit. Diese Trennung läßt sich auf eine dreifache Weise bewerkstelligen, 1. durch Zerreißen, 2. durch Zerbrechen, 3. durch Zerdrücken; Nach diesen drei verschiedenen Trennungsarten erhält auch die Festigkeit eine verschiedene Benennung. Die Kraft, mit welcher ein Körper dem Zerreißen widersteht, heißt absolute, mit der er dem Zerbrechen widersteht, relative, und die, mit welcher er dem Zerdrücken widersteht, rückwirkende Festigkeit.

Erstes Kapitel.

Absolute Festigkeit.

367.

Die absolute Festigkeit erfährt man, wenn man einen

Körper von bestimmter Dicke der Länge nach an einem Ende fest einspannt, und am anderen Ende so lange Gewichte anhängt, bis eine Trennung erfolgt.

Ohne solche Versuche gemacht zu haben, sieht man ein, daß eine desto größere Kraft zum Zerreißen eines Körpers erfordert wird, je dicker derselbe ist, oder je mehr sein Querschnitt beträgt, und daß man nur dann von der absoluten Festigkeit verschiedener Körper eine richtige Kenntniß haben wird, wenn die zum Versuche gebrauchten Stücke von einerlei Dicke waren. Unter der Voraussetzung einer an jedem Theile gleich großen Festigkeit, wird sich die zweier Körper von ungleichen Querschnitten, wie die Querschnitte selbst verhalten müssen. Wird daher ein Stück Lindenholz, dessen Querschnitt einen Quadratzoll beträgt, mit 1387 Pf. zerrissen, so müßte man unter obiger Voraussetzung ein Stück, dessen Querschnitt 10 Zoll hat, mit 13870 Pf. zerreißen können.

368.

Die bis itzt am meisten untersuchten Materialien, und die zugleich die größte Anwendung erleiden, sind: Holzarten, Metalldrähte und Stricke. Folgende Tafel gibt die Resultate der besten Versuche.

Materie des zerrissenen Körpers:	Gewicht zum Zerreißen eines rheinländischen □ Zolles in Berliner Pfunden:
a) Holzarten.	
Lindenholz	13870
Erlenholz	24740
Kiefernholz	17855
Rothtannenholz . . .	10920
Eichenholz	21100

Materie des zerrissenen Körpers:	Gewicht zum Zerreißen eines rheinländischen □ Zolles in Berliner Pfunden:
Ulmenholz	14857
Olivenholz	12614
Buchenholz	22360
Buchsbaumholz . . .	15790
Nußbaumholz	14261
Weidenholz	15709
Eschenholz	21488
Pflaumenbaumholz . .	11099
Apfelbaumholz	10018
Weißdornholz	18358
Ebenholz	
b) Metalle,	
Kupferdraht	40205
Messingdraht	48480
Golddraht	67129
Bleidraht	3934
Zinndraht	6609
Silberdraht	49690
Eisendraht	60433

369.

So richtig auch die hier angegebenen Resultate seyn mögen, so würde man doch weit fehlen, wenn man glaubte, daß bei allen Holzarten oder Metallen desselben Namens auch die Festigkeit gleich groß sey. Die Erfahrung lehrt nämlich, daß die Festigkeit derselben Holzgattung verschieden ist nach Verschiedenheit des Alters des Baumes, von dem es genommen wurde, und nach der Beschaffenheit des Bodens, auf welchem, und des Klima, in welchem es aufwuchs, ja sie zeigt uns, daß sogar in demselben Baume die Wurzeln eine andere Festigkeit haben, als der Stamm oder die Aeste, und

daß nicht einmahl alle Theile des Stammes gleich fest sind. Graf Büffon zeigte durch sehr lehrreiche Versuche, daß das Holz der geschälten und auf dem Stamme abgetrockneten Bäume härter, dichter und fester wird, als das der mit der Rinde gefällten.

Dasselbe gilt zum Theile auch bei Metallen. Bei diesen sind immer die gegossenen schwächer als die geschmiedeten.

Wollte man daher aus der gegebenen Tafel mittelst der Regel 367 die Last finden, die ein Körper von bestimmter Materie und Dicke tragen kann, ohne zu reißen; so müßte man zur Sicherheit von dem, was die Rechnung gibt, bei Holzarten nur den dritten Theil, bei Metallen nur die Hälfte als Last annehmen.

370.

Noch eine größere Verschiedenheit der Festigkeit bemerkt man an Seilen, weil auch die Güte des Hanfes und die Art, wie die Seile verfertiget werden, so mannigfaltig ist. Sie sind desto fester, je sorgfältiger der Hanf gehechelt wurde, aus je mehr Fäden sie bestehen. Zu starkes Zusammendrehen vermindert ihre Festigkeit, weil dadurch die Fäden in einen gespannten Zustand versetzt werden, welches dieselbe Wirkung hervorbringt, als wenn schon ein Gewicht sie spannte. Uebrigens sind gedrehte Seile stärker, als die wie ein Zopf geflochtenen. Am stärksten sind solche Seile, welche wie die Spritzenschläuche gewoben, und vor Nässe gut verwahrt sind, die immer schädlich auf die Festigkeit der Seile einwirkt. Nach Musschenbröcks Versuchen trägt ein gut gedrehtes Seil, dessen Durchmesser

6	Linien enthält	190	Pf.
8	= =	330	=
10	= =	540	=
12	= =	750	=
16	= =	1030	=
20	= =	2080	=
24	= =	3000	=

Zweites Kapitel.

Relative Festigkeit.

371.

Um die respective Festigkeit der Körper zu prüfen, spannt man sie an einem Ende wagrecht ein, und bringt am anderen Ende ein Gewicht an, welches senkrecht auf die Richtung ihrer Länge wirkt. Man sieht leicht ein, daß diese Kraft nicht auf alle Theile des Balkens gleich stark wirkt, und stets für jeden Punct mit der Entfernung vom freien Ende zunimmt. Hat daher der Körper in allen Theilen eine gleiche Festigkeit, so muß er zunächst am Unterstützungspuncte brechen, weil für diesen Punct die Kraft das größte Moment hat. Dieser Fall wird sich in der Ausübung wohl schwer ergeben, theils wegen der verschiedenen Festigkeit verschiedener Theile, theils auch wegen der verschiedenen Biegsamkeit der Theile des Materials. Vermög letzterer werden nämlich einige Theile ausgedehnt, andere zusammengedrückt, und nur die zwischen beiden liegenden erleiden weder das eine noch das andere. Die am meisten gespannten Theile müssen natürlich zuerst reißen, und, wegen dadurch erfolgter Schwächung

der Festigkeit des Ganzen, den Bruch der übrigen Theile nach sich ziehen. Daher wird der Körper dort brechen, wo die am meisten gespannten Theile liegen.

372.

Bei Versuchen über das Zerbrechen der Körper, welche aber meistens nur mit hölzernen Balken angestellt wurden, so wie durch Rechnung, findet man das Gesetz, daß sich die relativen Festigkeiten zweier Balken verhalten, gerade wie ihre Breite, das Quadrat ihrer Höhe und verkehrt wie ihre Länge, oder daß diese Festigkeit desto größer sey, je größer die Breite, je größer das Quadrat der Höhe und je kleiner die Länge ist. Beträgt daher die Breite eines Balkens $\frac{1}{2}$ Fuß, die Höhe 1 Fuß und die Länge 12 Fuß, während bei einem andern von demselben Materiale bestehenden die Breite 1 Fuß, die Höhe $\frac{5}{4}$ Fuß und die Länge 10 Fuß ist; so verhält sich die relative Festigkeit des ersten zur Festigkeit des zweiten wie $\frac{1}{2} \times 1 \times 12 : 1 \times \frac{25}{16} \times 10 = 6 : \frac{250}{16} = 96 : 250$.

373.

Aus dieser Regel ersieht man, daß man Balken immer auf die schmälere Seite legen soll, damit ihre breitere zur Höhe werde, und daß sich aus einem runden Stücke Holz ein Balken hauen läßt, der unter allen aus diesem Holzstücke haubaren die größte relative Festigkeit hat. Um die Form eines solchen Balkens zu finden, ziehe man im Kreise, der einen Durchschnitt des runden Holzstückes vorstellt, den Durchmesser AB (Fig. 171), theile diesen in drei gleiche Theile AC, CD und DB, errichte aus den Theilungspuncten C und D die auf AB senkrechten Linien CE und DF, ziehe dann EB, BF, FA, AE, so ist der Balken bezeichnet. Durch Rechnung

findet man, daß sich eine Seite dieses Balkens zur andern wie 5 zu 7 verhält.

374.

Das, was hier von Balken gesagt wurde, die nur an einem Ende horizontal eingespannt sind, gilt auch von solchen, die an beiden Enden befestigt sind, und in der Mitte von einer Kraft gebogen und zerbrochen werden sollen; nur muß man sich vorstellen, als wären sie aus zwei Theilen bestehend, und als wären beide in den Puncten, wo die Kraft wirkt, befestigt, und an jedem Ende die Hälfte dieser Kraft zum Zerbrechen angebracht. Ein solcher Balken wird offenbar in der Mitte brechen müssen, wenn alle Theile eine gleiche Festigkeit haben, und desto mehr Kraft zum Brechen erfordern, je weiter die Last von seiner Mitte entfernt ist. Daher gibt der Druck der Kästen, die an eine Wand angestellt werden, auf dem Boden weniger aus, als der in der Mitte eines Gemaches stehenden Gegenstände.

375.

Bei horizontalen an beiden Enden eingemauerten oder auf andere Weise befestigten Balken, wird ihr eigenes Gewicht schon eine Spannung in den Fasern und daher eine Biegung hervorbringen, die mit der Länge und dem Gewichte des Balkens zunimmt; weil sich die Sache gerade so verhält, als wenn der Balken kein Gewicht hätte, aber in seinem Schwerpuncte eine Kraft angebracht wäre, deren Größe vom Gewichte des Balkens abhängt, und der Hälfte desselben gleich kommt.

376.

Vergleicht man zwei gleiche Balken von einerlei Mate-

riale, deren einer nur an einem, der andere an beiden Enden eingespannt ist, so findet man, daß letzterer eine viermahl größere Kraft in seiner Mitte ertragen kann, ohne zu brechen, als ersterer an seinem freien Ende.

Wird nämlich eine Last auf einem Balken gleichförmig verbreitet, so bewirkt sie dieselbe Krümmung des Balkens und dieselbe Spannung der Fasern, als wenn die Hälfte dieser Last in der Mitte des Balkens angebracht wäre. Hieraus kann man die Kraft beurtheilen, die Getreide auf den Boden des Getreidekastens ausübet.

377.

Mit dem, was hier über die relative Festigkeit der Körper gesagt wurde, kann man die Resultate vergleichen, die sich aus einer Reihe schöner, von Eytelwein angestellter Versuche ergaben. Dieser nahm zu seinen Versuchen Holz, das schon 2—3 Jahre gehauen, ausgezeichnet schön, ohne alle Krümmungen und Aeste war, und wovon jedes Stück wie ein viereckiger Balken bearbeitet wurde.

Folgende Tafel enthält die Resultate dieser Versuche:

Name des Holzes	Länge des Balkens	Höhe	Breite	Last mit der er bricht.
Kiefernholz	30 Zoll	$\frac{95}{100}$ Zoll	$\frac{7}{10}$ Zoll	13 Pf.
detto	66 =	2 =	2 =	598 =
detto	80 =	2 =	$1\frac{9}{10}$ =	351 =
Sommereiche	48 =	$1\frac{1}{10}$ =	$\frac{89}{100}$ =	85 =
detto	66 =	2 =	2 =	682 =
detto	84 =	2 =	2 =	352 =
Steineiche	42 =	$1\frac{1}{10}$ =	$1\frac{4}{10}$ =	349 =
Rothtanne	46 =	1 [illegible]/10 =	$1\frac{2}{10}$ =	128 =
Weißtanne	48 =	1 =	1 =	101 =
Rothbuche	32 =	$\frac{8}{10}$ =	1 =	164 =
Weißbuche	30 =	1 =	1 =	156 =
Erle	43 =	$\frac{9}{10}$ =	1 =	128 =

Drittes Kapitel.

Rückwirkende Festigkeit.

378.

Die Größe der rückwirkenden Festigkeit erfährt man, wenn man einen Körper vertical stellt, und ihn von oben so lange belastet, bis er zerdrückt, oder nach vorher gegangener Biegung zerbrochen ist. Nennt man die Seite, nach welcher die Biegung geschieht, die Dicke, die andere die Breite des Körpers, so findet man, daß sich die rückwirkenden Festigkeiten verhalten, wie die Würfel der Dicke, multiplicirt mit der Breite, und dividirt mit dem Quadrate der Länge derselben.

379.

Ob ein Körper durch die so angebrachte Kraft wirklich zerdrückt, oder nach vorhergegangener Biegung zerbrochen wird, hängt ganz von seiner Natur ab. Bei frischen hölzernen Balken ereignet sich immer das zweite, bei Steinen, besonders bei Sandsteinen, stets das erste. Man kann sich da die Sache so vorstellen, als wenn die oberen Theile der Materie auf die unteren wie Keile wirkten, und sie so auseinander trieben. Bei der Berechnung der Gewölbe kann diese Ansicht von großem Nutzen werden, weil da der Druck der oberen Theile auf die unteren nicht stärker werden darf, als es die rückwirkende Festigkeit erlaubt.

380.

Ueber die rückwirkende Festigkeit der Holzarten hat der berühmte Musschenbröck viele Versuche angestellt. Herr Eytelwein hat sie in folgende Tafel zusammen gestellt.

Name des Holzes	Länge des Stückes	Breite	Dicke	Festigkeit
Rothtanne	48 Zoll	$\frac{51}{100}$ Zoll	$\frac{51}{100}$ Zoll	68 Pf.
detto	48 =	$\frac{7}{10}$ =	$\frac{7}{10}$ =	238 =
Linde	48 =	$\frac{1}{2}$ =	$\frac{7}{10}$ =	53 =
Buche	48 =	$\frac{6}{10}$ =	$\frac{6}{10}$ =	75 =
Eiche	48 =	$\frac{5}{10}$ =	$\frac{4}{10}$ =	21 =
detto	18 =	$\frac{23}{100}$ =	$\frac{23}{100}$ =	24 =
Esche	18 =	$\frac{25}{100}$ =	$\frac{24}{100}$ =	15 =
Linde	12 =	$\frac{35}{100}$ =	$\frac{35}{100}$ =	47 =
Kiefer	12 =	$\frac{42}{100}$ =	$\frac{42}{100}$ =	83 =

Siebenter Abschnitt.

Allgemeine Regeln über den Maschinenbau.

Erstes Kapitel.

Maschinen im Großen.

381.

Wenn man zu irgend einem Zwecke eine Maschine anzulegen gedenkt; so hat man vor allen anderen die Beschaffenheit und Größe der bewegenden Kraft zu berücksichtigen, die einem zu Gebote steht, und sie dann so anzuwenden, daß sie den möglichst größten Effect hervorbringt. Dieses hängt aber nicht bloß von der Art ab, wie man Kräfte wirken läßt, sondern auch von der Einrichtung der einzelnen Theile der Maschine, und von ihrer Verbindung unter einander.

382.

Wenn es der Zweck der Maschine oder die Natur der bewegenden Kraft gestattet, so vermeide man möglichst jede stoßweise erfolgende Wirkung der Kraft; man lasse sie, wenn es seyn kann, lieber durch Druck als durch den Stoß wirken, weil bei letzterem immer ein bedeutender Verlust Statt findet. Wo aber die stoßweise erfolgende Wirkung

einer Kraft nicht vermieden werden kann, da suche man die Ungleichförmigkeit der Bewegung durch die früher angegebenen Mittel möglichst zu vermindern. Man muß aber nicht glauben, daß es unter allen Umständen gut ist, die Bewegung ganz gleichförmig zu machen. In allen Fällen, wo die Bewegung abwechselnd hin und her gehend ist, bringt eine große Gleichförmigkeit der Bewegung Schaden. Steigt z. B. eine Kolbenstange in einer Pumpe ganz gleichförmig in die Höhe, so muß sie, wenn sie den höchsten Stand erreicht hat, plötzlich eine entgegengesetzte Richtung einschlagen, und dieser Uebergang wirkt gerade so, wie ein Stoß. Wird aber die Bewegung während des Steigens und Sinkens immer langsamer, je näher die Stange ihrem höchsten oder niedrigsten Stande kommt; so ist die Veränderung nicht so groß, und daher auch der Verlust an Kraft nicht so bedeutend.

383.

Wo die bewegende Kraft nicht unerschöpflich ist, da wende man ja nicht mehr davon an, als zur Hervorbringung einer zweckmäßigen Bewegung nöthig ist; denn alles, was über diese Grenze hinaus geht, ist barer Verlust. Diesem Grundsatze gemäß wird z. B. an einer Dampfmaschine der sogenannte Sparhahn angebracht, durch welchen die Dämpfe abgehalten werden, vom Kessel in den Dampfcylinder überzugehen, wenn der Kolben einmahl eine gewisse Geschwindigkeit erlangt hat, weil er dann schon vermög seiner Trägheit eine hinreichende Geschwindigkeit behält.

384.

Bei allen Maschinen, wo die widerstehenden Kräfte nicht besondere Zwecke erfüllen, suche man sie möglichst zu

vermindern. Deßhalb lasse man alle Bestandtheile, die der Zweck der Maschine nicht fordert, weg, und lege sie überhaupt so einfach als möglich an. Man erreicht dadurch nicht bloß den Vortheil der Verminderung alles Widerstandes, sondern auch den, daß die Maschine dauerhafter wird, nicht so viele Reparaturen fordert, und schon bei der ersten Anlage nicht so viel kostet.

385.

Eine ganz besondere Rücksicht muß man auf die Materialien haben, aus welchen eine Maschine gebaut wird. Ob eine Maschine aus Metall oder aus Holz verfertiget werden soll, das muß eine Vergleichung der Festigkeit, des Gewichtes und des Preises der nöthigen Stücke, wenn sie aus Metall bestehen, mit denselben von Holz ausgeführten lehren. Wo man durch die größere Festigkeit metallener Bestandtheile und durch ihre geringere Größe für das größere Gewicht und die hieraus entspringende größere Reibung entschädigt wird, da greife man nach Metallen; es wäre aber unklug, sich mit einer großen Summe einen Nachtheil zu erkaufen.

386.

Da aber bei den meisten Maschinen Holz als Bestandmateriale angewendet wird, so muß man auch auf seine Beschaffenheit ein besonderes Augenmerk haben. Gutes Bauholz soll vor allen andern zu einer Zeit geschlagen werden, wo der Safttrieb der Bäume nicht sehr rege ist. Die beste Zeit zum Schlagen dieses Holzes ist daher vom Spätherbste bis zum halben Februar, besonders wenn die Witterung trocken ist. Man thut wohl, wenn man zuerst den Stamm etwas einhaut, ihn der größeren Aeste beraubt, so einen

Monath stehen läßt, und ihn dann erst ganz fällt. Nach dem Fällen soll er von der Rinde befreit werden, wenn dieses nicht vor dem Fällen geschehen ist, damit er besser austrockne und von Würmern keinen Schaden leide, und so wenigstens 1 — 2 Jahre an einem vor Nässe und Sonnenschein geschützten Orte liegen bleiben.

387.

Wenn man der Fäulniß des Holzes vorbeugen will, wozu man besonders Ursache hat, wenn es an einen Ort kommt, wo es abwechselnd der Feuchtigkeit ausgesetzt ist; so verkohlt man es von Außen, oder läßt es längere Zeit im fließenden Wasser liegen. Nach Versuchen, die H. R. Prechtl hier angestellt hat, geben besonders diejenigen Stoffe zur Fäulniß Anlaß, die durch das Wasser gleichsam aufgelöst und weggeführt werden. Schade, daß durch dieses Auswaschen des Holzes seine Festigkeit so sehr leidet. Den Vorzug vor allen Behandlungsarten des Holzes, um es dauerhafter zu machen, verdient diejenige, wo man es der Einwirkung der Wasserdämpfe durch längere Zeit aussetzt.

387.

Will man wissen, ob ein Holz gehörig ausgetrocknet sey, so gieße man warmes Oehl darauf. Je schneller dieses eingesaugt wird, desto trockner ist das Holz. Hat man Spuren, daß das Holz im Innern von der Fäulniß oder von Würmern angegriffen sey, so schlägt man an die verdächtige Stelle mit einem Hammer, und beobachtet den Schall, der dabei entsteht. Je heller dieser ist, desto weniger Schaden hat man zu besorgen.

389.

Daß nicht alle Theile einer Maschine dieselbe Festigkeit fordern, versteht sich von selbst. Diejenigen Theile, deren Festigkeit wegen ihrer Stellung und Lage am meisten in Anspruch genommen wird, oder die sich am schnellsten bewegen, müssen auch am stärksten seyn. Deßhalb macht man einen wagrechten Baum, wenn er auch nur sein eigenes Gewicht zu ertragen hat, nicht selten stärker als einen verticalen, der noch dazu belastet ist; deßhalb werden Schwungräder, die sich schnell drehen müssen, besonders fest gebaut, und aus demselben Grunde macht man das Getriebe einer Rädermaschine stets aus besserem und härterem Materiale, als die Räder.

Zweites Kapitel.

Modelle.

390.

Wenn sich Jemand die Einrichtung einer neuen Maschine im Gedanken entwirft, und alles auf das Beste zusammengeht; so kann er doch von der Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit derselben nicht eher überzeugt seyn, als bis der Entwurf practisch ausgeführt, und für gut befunden worden ist. Eine solche Ausführung ist in den meisten Fällen zu kostspielig, wenn man den einzelnen Theilen der Maschine die gehörige Größe geben will; deßhalb begnügt man sich damit, das Werk im Kleinen auszuführen, oder es in einem Modelle darzustellen. Dasselbe ist auch nothwendig, wenn eine neue Maschine an einem Orte angelegt werden soll, wo man sie noch nicht kennt, und von Leuten, denen eine bloße Beschrei-

bung nicht genüget; da muß die Maschine erst im Modelle ausgearbeitet, hierauf an den Ort der Bestimmung gebracht, und daselbst im Großen nach dem Modelle ausgeführt werden.

391.

Von einem Modelle fordert man: 1. Daß bei ihm die Kraft mit der Last in demselben Verhältnisse stehe, in welchem sie in der im Großen ausgeführten oder auszuführenden Maschine steht. 2. Daß alle seine Theile nach demselben verkleinerten Maßstabe verfertiget sind. Ist daher z. B. bei einer Maschine die Kraft $\frac{1}{6}$ von der Last, so muß dieses auch im Modelle so seyn, und stellt einen Fuß in einem Theile des Modelles eine Klafter in der Maschine vor, so muß dieses bei allen übrigen Theilen so der Fall seyn.

392.

Wenn eine Maschine nach einem Modelle im Großen angelegt werden soll, und man beim Bau die größte Sorgfalt darauf verwendet, daß ja alles im gehörigen Maßstabe angelegt wird, so darf man doch nicht darauf rechnen, daß der Effect der Maschine in demselben Maße vergrößert erscheinen wird, als die Maschine selbst, und die dabei angebrachte Kraft vergrößert wurde. Die Erfahrung lehrte leider nur zu oft, daß eine Maschine im Modelle zu den schönsten Hoffnungen berechtigte, und doch unbrauchbar war, als man sie im Großen ausführte.

393.

Die Ursache dieser Abweichung liegt darin, daß nicht alles, was bei einer Maschine auf die Größe ihrer Wirkung Einfluß hat, in demselben Verhältnisse wächst, in welchem

man die Maschine vergrößert. Besonders ist dieses bei den Hindernissen der Bewegung der Fall, und bei der Festigkeit der Materialien. Bei Modellen wendet man blosse Schnüre an, die fast gar keine Steifheit haben, und daher auch der bewegenden Kraft in denselben gar keinen Abbruch thun; bei Maschinen im Großen muß man an ihre Stelle steife Seile setzen, die eine bedeutende Kraft brauchen, um gehörig gespannt zu bleiben; bei Modellen bleiben die Zapfen, die sich in ihren Pfannen bewegen, rund, und man erfreut sich des Vortheils, den die drehende Bewegung in Betreff der Verminderung der Reibung verschafft; bei Maschinen müssen diese Zapfen viel dicker seyn, sie werden durch ein größeres Gewicht an ihre Unterlagen angedrückt, und dadurch sehr leicht etwas abgeplattet. Dieses nähert die drehende Bewegung der gleitenden, und vermehrt die Reibung in größerem Maße, als es nach dem Maßstabe, in dem die Maschine angelegt wurde, seyn soll. Auch die Festigkeit der Materialien, besonders des Holzes, wächst nicht so wie der körperliche Inhalt desselben. Wenn sich z. B. ein hölzerner Balken, der 1 Zoll dick, 30 Zoll lang ist, und an seinen beiden Enden aufliegt, gar nicht merklich biegt; so darf man ja nicht glauben, daß sich auch ein Balken, dessen Dicke 1 Fuß und dessen Länge 30 Fuß beträgt, unter denselben Umständen nicht biegen werde. Eine solche Biegung kann aber ein völliges Verschieben der einzelnen Theile einer Maschine, ein Klemmen, ja ein gänzliches Stocken derselben nach sich ziehen.

394.

Nicht selten ist die bewegende Kraft bei einer Maschine bloß von der Art, daß sie nur eine Vermehrung des Effectes

der Maschine bis zu einem gewissen Grade zuläßt. Von der Art ist z. B. der Luftdruck. Diesem hält immer eine Wassersäule von ungefähr 32 Fuß Höhe das Gleichgewicht. Wollte man nun ein Modell einer Wasserpumpe zum Muster nehmen, und eine Pumpe im Großen darnach einrichten; so würde man weit irren, wenn man glaubte, daß man damit das Wasser um so viel höher treiben kann, als sie das Modell an Größe übertrifft.

395.

Wer alle diese Umstände wohl überlegt, der wird in jedem einzelnen Falle leicht einsehen, wie viel er von einer Maschine zu erwarten hat, die nach einem Modelle von bekannter Wirksamkeit angelegt wurde, er wird keine eitlen Pläne zur Aufstellung mechanischer Wunderwerke machen, und weder sich noch andere zu unnöthigen und zwecklosen Auslagen bereden.

Zusätze
aus der
Arithmetik und Geometrie.

A. Einiges aus der Arithmetik.

1.

Das Zeichen der Gleichheit sind zwei liegende Striche =

Das Zeichen der Addition ist ein stehendes Kreuz + z. B. 2 + 3 = 5

Das Zeichen der Subtraction ein Querstrich —

Das Zeichen der Multiplication ein liegendes Kreuz × oder gar nur ein Punct . z. B. 2 × 3 = 6 oder 2 . 3 = 6.

Das Zeichen der Division zwei Puncte über einander : z. B. 6 : 2 = 3.

2.

Eine Zahl heißt durch eine andere theilbar, wenn der Quotient eine ganze Zahl ist. Man sagt deßhalb 20 ist durch 5, aber nicht durch 7 theilbar, weil 20 : 5 = 4 und 20 : 7 = $2\frac{6}{7}$

3.

Eine gerade Zahl ist diejenige, welche durch 2 theilbar ist; eine ungerade hingegen, welche nicht durch 2 theilbar ist. So ist 6 eine gerade, 7 eine ungerade Zahl.

4.

Jede Zahl ist durch 2 theilbar, deren Endziffer zur Rechten eine gerade Zahl ist. So ist 2356 durch 2 theilbar, weil 6 eine gerade Zahl ist.

5.

Eine Zahl ist durch 3 theilbar, wenn die Summe ihrer Ziffer ohne Rücksicht auf den Werth ihrer Stelle durch 3 theilbar ist. Z. B. 24951 ist durch 3 theilbar, weil $2 + 4 + 9 + 5 + 1 = 21$ eine durch 3 theilbare Zahl ist.

6.

Eine Zahl ist durch 4 theilbar, wenn die letzten 2 Ziffer zur Rechten es sind. Z. B. 6412 hat die genannte Eigenschaft, weil 12 sie hat.

7.

Eine Zahl ist durch 5 theilbar, wenn ihre letzte Ziffer 5 oder 0 ist, wie z. B. 120 oder 335.

8.

Eine Zahl ist durch 8 theilbar, wenn es die letzten 3 Ziffer sind. So ist 94216 durch 8 theilbar, weil es 216 ist.

9.

Eine Zahl ist durch 9 theilbar, wenn die Summe der Ziffer durch 9 theilbar ist, wie z. B. 563292, wo $5 + 6 + 3 + 2 + 9 + 2 = 27$.

10.

Eine Zahl ist durch 10 theilbar, wenn sie zur letzten Ziffer 0 hat. So ist dieses mit 250 der Fall.

11.

Eine Zahl ist durch 11 theilbar, wenn der Unterschied

aus der Ziffersumme der geraden und ungeraden Stellen durch 11 theilbar ist. Deßhalb hat die Zahl 183513 die genannte Eigenschaft; den $1+3+1=5$, $8+5+3=16$ und $16-5=11$.

12.

Eine Zahl ist durch eine andere aus mehreren Factoren bestehende Zahl theilbar, wenn sie durch jeden ihrer Factoren zugleich theilbar ist.

So ist eine Zahl durch 6 theilbar, wenn sie es zugleich durch 2 und 3 ist, oder durch 15, wenn sie es durch 3 und 5 ist.

13.

Eine Zahl, die nur durch sich selbst und durch 1 theilbar ist, heißt Primzahl. Solche Zahlen sind 2, 3, 5, 7, 11, 13 u. s. w.

14.

Aufgabe: Eine gegebene Zahl in alle ihre Factoren aufzulösen, oder alle Zahlen zu finden, durch welche sie theilbar ist.

Auflösung: Man theile die Zahl mit der kleinsten, durch welche sie theilbar ist, multiplicire den Divisor mit dem Quotienten, ziehe das Product von der ganzen Zahl ab, theile den Quotienten wieder mit der kleinsten Zahl, durch die er theilbar ist, und wiederhohle das ganze Verfahren so oft, bis der Quotient $=1$ ist.

Hierauf schreibe man alle gebrauchten Divisoren unter einander, multiplicire den zweiten mit dem ersten, schreibe das Product neben den zweiten, multiplicire alle vorhergehenden mit dem dritten, schreibe jedes Product neben ihn, und fahre auf diese Weise so lange fort, bis man mit dem

unterſten Diviſor dieſe Operation vorgenommen hat. Die ſo gefundenen Zahlen ſind lauter Factoren der gegebenen Zahl. Z. B. es ſeyen die Factoren der Zahl 2040 zu ſuchen. Da hat man

2040 : 2 = 1020
1020 : 2 = 510
510 : 2 = 255
255 : 3 = 85
85 : 5 = 17
17 : 17 = 1 mithin die Factoren
2
2, 4
2, 8
3, 6, 12, 24,
5, 10, 20, 40, 15, 30, 60, 120,
17, 34, 68, 136, 51, 102, 204, 408,
85, 170, 340, 680, 255, 510, 1020,

15.

Eine Potenz iſt ein Product aus gleichen Factoren. Jeder Factor heißt Wurzel der Potenz. Eine Potenz aus zwei Factoren heißt ein Quadrat, eine Potenz aus 3 Factoren ein Würfel oder Kubus. Der Factor heißt im erſten Falle Quadratwurzel, im zweiten Falle Kubikwurzel. So iſt z. B. 25 ein Quadrat, 125 ein Würfel von 5, weil $5 \times 5 = 25$ und $5 \times 5 \times 5 = 125$. Zugleich iſt 5 die Quadratwurzel von 25 und die Kubikwurzel von 135. Eben ſo iſt $\frac{4}{9}$ das Quadrat von $\frac{2}{3}$, weil $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{4}{9}$

16.

Eine Zahl zum Quadrat erheben heißt, ein Product finden, in welchem ſie 2mahl als Factor vorkömmt, oder ſie mit ſich ſelbſt multipliciren. Von einer Zahl die Quadrat-

wurzel ausziehen heißt, eine Zahl finden, die zum Quadrat erhoben, obige Zahl gibt.

17.

Das Zeichen, welches anzeigt, daß von einer Zahl die Quadratwurzel ausgezogen worden, ist $\sqrt[2]{}$ oder $\sqrt{}$. Es wird immer der Zahl vorgesetzt, woraus der Wurzel ausgezogen werden soll.

18.

Die Quadratwurzel einer Zahl, die nur mit zwei Ziffern geschrieben wird, hat selbst nur eine Ziffer. Denn die größte aller Zahlen mit einer Ziffer, nämlich 9 hat zum Quadrate 81, also nur eine zweizifferige Zahl. Hat man daher von einer Zahl mit 2 Ziffern die Quadratwurzel auszuziehen, so darf man nur unter den Zahlen von 1 bis 9 diejenige suchen, deren Quadrat die genannte Zahl gibt.

Die Zahl	1	hat	zur	Quadratwurzel	1
=	4	=	=	=	2
=	9	=	=	=	3
=	16	=	=	=	4
=	25	=	=	=	5
=	36	=	=	=	6
=	49	=	=	=	7
=	64	=	=	=	8
=	81	=		=	9

19.

Daß nicht jede Zahl eine ganze Zahl zur Quadratwurzel habe, ist für sich klar. Aber man kann beweisen, daß eine ganze Zahl, deren Quadratwurzel keine ganze Zahl ist, auch kein Bruch ist, und daß daher ihre Wurzel durchaus nicht vollständig gefunden werden kann.

20.

Soll von einer Zahl, die mit mehr als 2 Ziffern geschrieben wird, die Quadratwurzel ausgezogen werden, so verfährt man auf folgende Weise:

1. Man schreibt vor der Zahl das Wurzelzeichen, nach ihr das Gleichheitszeichen.
2. Man theilt sie in Classen ein von der Rechten zur Linken, jede von 2 Ziffern, die letzte kann auch nur eine Ziffer haben.
3. Man zieht von der äußersten Classe zur Linken ein so großes Quadrat ab, als möglich, schreibt seine Wurzel hinter das Gleichheitszeichen, und setzet zum Reste, wenn sich einer ergibt, die zweite Classe herab.
4. Man nimmt die gefundene Wurzel doppelt, dividirt durch sie den Rest mit Inbegriff der ersten Ziffer der herabgesetzten Classe, schreibt den Quotienten zugleich zur gefundenen Wurzel und zum Divisor, multiplicirt mit ihm den so vermehrten Divisor, und zieht das Product von der ganzen am Platze des Dividendus stehenden Zahl ab.
5. Sind mehr als zwei Classen vorhanden, so wird die nächste Classe zum Rest herabgeschrieben, die bereits gefundene Wurzel doppelt genommen, und wieder ganz so, wie in 4 verfahren.

Dasselbe Verfahren wiederhohlt man so lange bis an alle Classen die Reihe gekommen ist.

Beispiele: $\sqrt{1,44} = 12$

$$\begin{array}{l} 1 \\ \hline 44 : 22 \\ 44 \\ \hline \end{array}$$

Beispiele:

$\sqrt{3,24} = 18$
1
―――
224 : 28
224
―――
= = =

$\sqrt{28,09} = 53$
25
―――
309 : 103
309
―――
= = =

$\sqrt{5,47,56} = 234$
4
―――
147 : 43
129
―――
1856 : 464
1856
―――
= = = =

21.

Ist die Zahl, aus welcher die Quadratwurzel ausgezogen werden soll, kein vollständiges Quadrat; so kann man auch die Wurzel nur annäherungsweise finden. In einem solchen Falle bleibt ein Rest, wenn auch schon alle Classen der gegebenen Zahl herabgeschrieben worden sind.

Um nun die Wurzel durch Näherung zu finden, verfährt man Anfangs so, als wenn die Zahl ein vollkommenes Quadrat wäre. Sobald ein Rest bleibt, und keine Classe mehr herabzuschreiben ist, setzet man zum Reste zwei Nullen, als wären sie der gegebenen Zahl angehängt und eine neue Classe derselben, und verfährt mit dem so vermehrten Reste nach 20. 4. Dieses Zusetzen von 2 Nullen wiederhohlt man so

oft, als man es für nöthig findet, denn je öfter dieses geschieht, desto mehr nähert man sich dem wahren Werthe der Wurzel.

Nach beendeter Operation dividirt man die gefundene Wurzel durch 1 mit so vielen Nullen, als man Paare derselben beim Ausziehen zugesetzt hat.

Beispiele:

$$\sqrt{7} = \frac{264}{100} \ldots\ldots = 2\frac{64}{100} \ldots\ldots$$

```
4
―――――――――
 300 : 46
  276
―――――――――――
  2400 : 524
  2096
―――――――――――
```

$$\sqrt{5{,}59} = \frac{2364}{100} \ldots = 23\frac{64}{100} \ldots\ldots$$

```
 4
――――――――
 159 : 43
 129
――――――――――
  3000 : 466
  2796
――――――――――――
    20400 : 5724
    18896
――――――――――――
```

B. Einiges aus der Geometrie.

1.

Wenn man an irgend einem Körper das Materielle, woraus er besteht, im Gedanken wegläßt; so bleibt nichts als ein leerer Raum, nämlich eine Ausdehnung in die Län=

ge, Breite und Tiefe übrig. Diese Ausdehnung ist das, was man geometrischen Körper nennt.

Die Grenzen, welche ihn von allen Seiten umgeben, haben eine bloße Ausdehnung in die Länge und Breite, und machen seine Oberfläche aus. Solche Theile der Oberfläche eines Körpers heißen Flächen, und wenn sie geradlinig sind, Ebenen. Man kann sie sich allein vorstellen und an ihnen wieder ins besondere die Grenzen. Diese haben eine bloße Ausdehnung in die Länge, und heißen Linien. Stellt man sich Linien wieder besonders vor, so erkennt man als ihre Grenzen Puncte.

2.

Was eine gerade und was eine krumme Linie sey, ist für sich gewiß Jedermann klar, eben so auch, daß es nur eine gerade, aber unendlich viele krumme Linien geben kann.

3.

Um gerade Linien unter einander zu vergleichen, d. i. um sie messen zu können, nimmt man irgend eine Linie als Einheit an, und bestimmt, wie vielmahl sie in einer der gegebenen Linien enthalten ist. Eine solche Längeneinheit sind unsere Klafter, Fuß, Zoll, Linien. Eine Klafter wird selbst wieder durch Fuß, Zoll und Linien, ein Fuß durch Zoll und Linien, ein Zoll durch Linien gemessen. Wenn man daher sagt: Eine Klafter hat 6 Fuß, ein Fuß 12 Zoll, ein Zoll 12 Linien, so wird dadurch diese Messung selbst durch Worte ausgedrückt.

4.

Eine in sich zurückkehrende krumme Linie, wovon jeder Punct von einen anderen, außer ihr liegenden Puncte gleich

weit abstehet, heißt ein Kreis. Die krumme Linie selbst heißt sein Umfang, der Punct, von dem alle Puncte des Umfangs gleich weit entfernt sind, sein Mittelpunct. Eine gerade Linie vom Mittelpuncte bis zum Umfange heißt Halbmesser; eine gerade Linie von einem Puncte des Umfangs zu einem anderen Sehne oder Chorda; eine Sehne, welche durch den Mittelpunct geht, der Durchmesser. Dieser ist zugleich die größte Sehne eines Kreises und dem doppelten Halbmesser gleich. Eine gerade Linie, welche mit dem Umfange eines Kreises nur einen Punct gemein hat, wird Berührungslinie oder Tangente genannt.

Zwei oder mehrere Kreise, welche denselben Mittelpunct haben, heißen concentrisch.

5.

Der Umfang eines Kreises wird in 360 gleiche Theile getheilt, und jede derselben ein Grad genannt. Jeder Grad enthält wieder 60 gleiche Theile, die man Minuten, und jede Minute wieder 60 gleiche Theile, die man Secunden heißt.

Ein Stück eines Kreises (Kreisbogen) kann mit einem anderen gleich viele Grade enthalten, ohne doch deßhalb gleich groß zu seyn; denn die zwei Bögen AB und CD (Fig. 172) sind gewiß nicht gleich groß, und enthalten doch dieselbe Anzahl von Graden. Ueberhaupt ist ein Bogen, der z. B. einen Grad hat, desto größer, je größer der Halbmesser des Kreises ist, zu dem er gehört.

6.

Um einen Kreisbogen oder den ganzen Umfang eines

Kreises mit einer geraden Linie vergleichen zu können, muß man wissen, in welchem Verhältnisse der Durchmesser eines Kreises zu seinem Umfange steht. Wiewohl man dieses Verhältniß nicht ganz vollständig auffinden kann, so fehlt man doch nur um ein sehr Geringes, wenn man sagt: der Durchmesser verhält sich zum Umfange wie 100 : 314. Man findet daher den Umfang eines Kreises, wenn man seinen Durchmesser mit $\frac{314}{100}$ multiplicirt. Hätte z. B. der Durchmesser 25 Fuß, so betrüge der Umfang $\frac{314}{100} \times 25 = 78\frac{1}{2}$ Fuß.

Um die Länge eines Kreisbogens zu finden, muß man nebst dem Durchmesser auch noch wissen, wie viel Grade er enthält. Weiß man dieses, so berechnet man zuerst den ganzen Kreisumfang und sagt dann: Es verhält sich 360 zur Anzahl der Grade des gegebenen Bogens, wie der ganze Umfang zur gesuchten Zahl. Z. B. hätte ein Bogen, dessen Halbmesser 25 Fuß hat, 30 Grade, so wäre

$$360 : 30 = 78\tfrac{1}{2} : x \text{ und}$$
$$x = 6\tfrac{13}{24} \text{ Fuß.}$$

7.

Wenn ein Kreis (Fig. 173) auf der geraden Linie AB fortgeschoben wird, und sich zugleich um seinen Mittelpunct dreht, so beschreibt jeder Punct seines Umfanges eine krumme Linie, die man Radlinie oder Cycloide heißt. Für den Punct des Kreises, der die AB in A berührt, ist diese Linie ACB.

Wird der Kreis statt auf der geraden AB auf dem Umfange eines anderen Kreises fortgeschoben; so heißt die auf die genannte Art entstehende krumme Linie, eine Epicycloide.

8.

Linien, die nie zusammen treffen, man mag sie verlängern, wie man will, heißen parallel oder gleichlaufend.

Linien, die nicht parallel sind, sondern sich schneiden, wie EC und ED (Fig. 172) bilden einen Winkel. Der Durchschnittspunct E heißt des Winkels Scheitel, die Linien EC und ED, die ihn bilden, seine Schenkel. Man benennt den Winkel durch die Buchstaben, die bei seinem Scheitel und bei seinen Schenkeln stehen, setzt aber immer den am Scheitel stehenden in die Mitte. So heißt der Winkel Fig. 172 CEB nicht ECB oder EDC.

9.

Verlängert man einen Schenkel CB des Winkels ACB (Fig. 174) bis D, so entsteht ein neuer Winkel DCA, der mit dem ersteren den Scheitel C und den Schenkel AC gemein hat, während die zwei anderen Schenkel CB und CD in einer geraden Linie liegen. Solche Winkel heißen Nebenwinkel.

Steht AC auf DB so, daß die Nebenwinkel DCA und BCA einander gleich sind, so sagt man AC stehe auf BD senkrecht oder lothrecht, und die Winkel DCA und BCA heißen rechte Winkel.

Ein Winkel, der größer ist, als ein rechter, heißt stumpf, einer der kleiner ist, spitzig. So wäre z. B. der Winkel DCE stumpf, der Winkel BCE spitzig.

10.

Wenn man aus dem Scheitel eines rechten Winkels einen Kreis beschreibt, so beträgt der zwischen seinen Schenkeln enthaltene Bogen den vierten Theil des Kreisumfanges,

hat also 90 Grade. Ist der Winkel größer oder kleiner als ein rechter, so enthält der zwischen seinen Schenkeln befindliche Kreisbogen in demselben Verhältnisse mehr oder weniger Grade, in welchem der Winkel selbst größer oder kleiner ist. Deßhalb bestimmt man auch die Größe eines Winkels nach der Anzahl der Grade, die ein solcher Bogen enthält, und sagt ein rechter Winkel habe 90, ein stumpfer mehr, ein spitziger weniger als 90 Grade.

11.

Eine von drei Seiten eingeschlossene Figur heißt Dreieck. Sind alle drei Seiten einander gleich, so ist es gleichseitig; sind nur zwei Seiten einander gleich, so heißt es gleichschenkelig. Ein Dreieck, mit einem rechten Winkel heißt rechtwinklig, mit einem stumpfen Winkel stumpfwinklig, mit lauter spitzigen Winkeln spitzwinklig.

12.

Eine von vier Seiten eingeschlossene Figur heißt ein Viereck, eine von fünf Seiten eingeschlossene ein Fünfeck u. s. w.

Eine Figur heißt überhaupt regelmäßig, wenn alle Seiten und Winkel einander gleich sind.

Ein Viereck, dessen gegenüberstehende Seiten einander parallel sind, heißt ein Parallelogramm (Fig. 2), die gerade Linie AD von einem Winkel zum gegenüberstehenden, heißt die Diagonale.

Ein Parallelogramm mit lauter rechten Winkeln heißt ein Rechteck, und ein Rechteck mit gleichen Seiten ein Quadrat.

Ein Viereck, wobei nur zwei Seiten einander parallel sind, wie ABCD (Fig. 175), heißt ein Trapez.

Aehnliche Figuren sind diejenigen, welche gleiche Winkel haben, und deren Seiten einander proportionirt sind. Alle Quadrate, alle gleichseitigen Dreiecke, alle Kreise sind deßhalb einander ähnlich.

13.

Wenn mit einer gegebenen Linie AB (Fig. 176) ein gleichseitiges Dreieck beschrieben werden soll, so ziehe man aus dem Mittelpuncte A mit dem Halbmesser AB den Kreis BC, und aus dem Mittelpuncte B mit demselben Halbmesser den Kreis AD, verbinde den Durchschnittspunct E mit den Puncten A und B, so ist ACB ein gleichseitiges Dreieck.

14.

Um einen gegebenen Winkel ACB (Fig 177) zu halbiren, nehme man CA = CB, ziehe AB, beschreibe damit das gleichseitige Dreieck ADB, ziehe CD; so ist durch sie der Winkel halbirt, oder es ist ACD = BCD.

15.

Will man eine gegebene Linie AB (Fig. 178) halbiren, so beschreibe man zu beiden Seiten gleichseitige Dreiecke, nämlich ACB und ADB, ziehe CD, so ist der Durchschnittspunct E zugleich der Halbirungspunct der geraden Linie AB.

16.

Wenn von einem gegebenen Puncte A (Fig 179) auf die Linie BC eine senkrechte herabgelassen werden soll, so beschreibe man aus dem Mittelpuncte A einen Kreisbogen, der BC in D und E schneidet, halbire DE in F, und ziehe die Linie AF. Diese ist die gesuchte Senkrechte.

17.

Ist in dem Puncte F der Linie BC eine senkrechte zu errichten, so nehme man zu beiden Seiten gleiche Stücke, nämlich FD und FE, beschreibe mit BC das gleichseitige Dreieck DAE, und ziehe FA, so ist diese die verlangte Linie.

18.

Soll zur Linie AB (Fig. 180) eine parallele gezogen werden, so errichte man in zwei Puncten derselben, z. B. in C und D zwei senkrechte Linien CE und DF, mache CE=DF, und ziehe die Linie EF, die man zu beiden Seiten nach Belieben verlängern kann. EF ist mit AB parallel.

19.

Auf einem gegebenen Puncte A des Kreises (Fig. 181) wird ein Tangente gezogen, wenn man den Halbmesser CA zieht, und darauf im Puncte A die senkrechte AB errichtet.

20.

Will man den Mittelpunct des Kreises (Fig. 181) finden, so ziehe man zwei beliebige nur nicht parallele Sehnen ED und FG, halbire jede derselben in I und H, errichte auf den Halbirungspuncten senkrechte Linien, und verlängere sie, bis sie sich schneiden. In ihrem Durchschnittspuncte C liegt der Mittelpunct des Kreises.

21.

Eine gerade Linie AB (Fig. 182) kann auf folgende Weise in eine beliebige Anzahl gleicher Theile getheilt werden: Man setze eine Linie AD an die gegebene AB an, nehme in ihr so viele gleiche, übrigens beliebig große Theile, in wie viele AB getheilt werden soll, z. B. AC, CE, EF, wenn man AB in drei Theile theilen will. Nun ziehe man FB und

aus den übrigen Puncten E und C die mit FB parallelen EG, CH; so sind H und G die gesuchten Theilungspuncte.

22.

Ein Kreisbogen ED (Fig. 181) wird halbirt, wenn man seine Sehne ED halbirt, und durch den Halbirungspunct H den Halbmesser CH zieht. Dort, wo er den Bogen ED schneidet, liegt sein Halbirungspunct.

23.

Der Umfang eines Kreises wird durch den Durchmesser halbirt. Zwei auf einander senkrechte Durchmesser theilen den Kreisumfang in vier gleiche Theile. Halbirt man jeden Viertelkreis wieder, so erhält man 8tel, durch fernere Halbirung 16tel Theile des Kreisumfanges, und so fort. Man kann also auf diese Weise einen Kreis in 2, 4, 8, 16, 32, 64 ꝛc. Theile theilen.

24.

Der Halbmesser eines Kreises läßt sich genau 6mahl in dem Umfange des Kreises als Sehne übertragen. Man kann daher den Kreisumfang in 6 Theile theilen, wenn man den Halbmesser als Chorda überträgt. Durch Halbirung jedes so erhaltenen Bogens kann man 12tel, durch fernere Halbirung 24tel, 48tel Theile des Kreisumfanges erhalten, mithin einen Kreis in 6, 12, 24, 48, 96 ꝛc. gleiche Theile theilen.

25.

Um Flächen mit einander vergleichen und sie messen zu können, bedient man sich desselben Mittels wie bei Linien. Man nimmt irgend eine Fläche als Einheit an, und untersucht, wie oft sie in einer gegebenen Fläche enthalten ist. Als solche Einheit werden aber nur rechtwinkelige 4seitige Flächen

angenommen, deren Länge und Breite gleich ist, die also Quadrate sind. Hat jede Ausdehnung eines solchen Maßes eine Linie, so nennt man sie eine Quadratlinie, hat sie einen Zoll, so heißt sie Quadratzoll, und Quadratfuß oder Quadratklafter, wenn jede Ausdehnung einen Fuß oder eine Klafter hat. Jede dieser größeren Einheiten wird selbst wieder durch jede kleinere gemessen. So ist

eine Quadratlinie in einem Quadratzoll 144mahl
ein Quadratzoll in einem Quadratfuß 144mahl
ein Quadratfuß in einer Quadratklafter 36mahl enthalten,
oder es hat 1 Quadratklafter 36 Quadratfuß
1 Quadratfuß 144 Quadratzoll
1 Quadratzoll 144 Quadratlinien.

26.

Der Flächeninhalt eines Rechteckes wird gefunden, wenn man seine Länge mit seiner Breite multiplicirt. Der Flächeninhalt ist in demselben Maße ausgedrückt, in welchem Länge und Breite ausgedrückt waren. Hat z. B. im Rechtecke ECDF (Fig. 180) CD = 3 Fuß, CE = $1\frac{1}{2}$ Fuß, so beträgt der Flächeninhalt $3 \times 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{2}$ Quadratfuß.

27.

Der Flächeninhalt eines Parallelogramms wird gefunden, wenn man die Länge einer Seite mit senkrechter Linie multiplicirt, welche von der mit ihr parallelen auf sie gezogen ist.

28.

Der Flächeninhalt eines Dreiecks ist gleich dem halben Producte aus einer Seite, in die Länge derjenigen Linie, welche von dem gegenüberstehenden Winkel auf sie herabgelassen ist. So ist z. B. der Inhalt des Dreieckes ACB (Fig.

178) gleich dem halben Producte aus AB in CE. Hat daher AB = 5 Fuß, CE = 3 Fuß, so beträgt der Flächeninhalt $\frac{5 \times 3}{2} = 7\frac{1}{2}$ Quadratfuß.

29.

Jede geradlinige Figur läßt sich in Dreiecke eintheilen. Berechnet man den Flächeninhalt jedes einzelnen für sich, und addirt alle gefundenen Werthe, so erhält man den Flächeninhalt der ganzen Figur. Um daher den Flächeninhalt der Fig. 183 zu finden, ziehe man die Linien AF, FD, FC, FB, suche den Flächeninhalt der Dreiecke AFG, FDE, CFD, BFC, AFB, addire sie; so hat man den Flächeninhalt der ganzen Figur.

30.

Der Flächeninhalt eines Kreises wird gefunden, wenn man seinen Umfang mit dem halben Halbmesser multiplicirt. Beträgt z. B. der Durchmesser eines Kreises 25 Fuß, mithin sein Umfang $78\frac{1}{2}$ Fuß, und sein Halbmesser $12\frac{1}{2}$ Fuß; so ist sein Flächeninhalt gleich $78\frac{1}{2} \times 6\frac{1}{4} = 490\frac{5}{8}$ Quadratfuß.

31.

Dem Mittel, welches man ergreift, um Linien oder Flächen mit einander zu vergleichen, ist auch das ähnlich, wodurch man Körper mit einander vergleicht oder mißt. So wie man dort eine Linie oder eine Fläche als Einheit annahm, und untersuchte, wie oft sie in einer gegebenen Linie oder Fläche enthalten sey, eben so nimmt man hier einen Körper als Einheit an, und untersucht, wie oft ihn der zu messende Körper enthält. Als Einheit gilt ein Würfel, der eine Linie, einen Zoll, einen Fuß, eine Klafter hoch breit und dick ist. Er heißt im ersten Falle Kubiklinie, im zweiten Kubikzoll,

im dritten Kubikfuß, im vierten Kubikklafter. Vergleicht man diese Größen selbst unter einander, so findet man daß eine Kubikklafter 216 Kubikfuß, ein Kubikfuß 1728 Kubikzoll, ein Kubikzoll 1728 Kubiklinien enthält.

32.

Denkt man sich zwei gleiche Flächen, ABCDE und abcde, (Fig. 184) die mit geraden Linien begrenzt sind, so gestellt, daß ihre gleichliegenden Seiten mit einander parallel laufen, und an den gleichen Winkeln A und a B und b ꝛc. durch gerade Linien Aa Bb Cc Dd Ee mit einander verbunden, so schließen die Flächen einen Raum ein, den man Prisma nennt. Die Fläche abcde und ABCDE heißen die Grundflächen des Prisma, die anderen: BbCc, CcDd u. s. w. Seitenflächen. Jede Linie zwischen den Grundflächen, die auf einer derselben senkrecht steht, heißt die Höhe des Prisma. Sind die Grundflächen und Seitenflächen Quadrate, so ist das Prisma ein Würfel.

33.

Man findet den körperlichen Inhalt (Kubikinhalt), eines Prisma, wenn man die Grundfläche mit der Höhe multiplicirt. Hätte z. B. abcde 100 Quadratfuß, und die Höhe des Prisma 9 Fuß, so wäre der körperliche Inhalt 900 Kubikfuß.

34.

Ein Körper, der von zwei parallelen und gleichen Kreisen begrenzt ist, heißt Cylinder, wie Fig. 185. Jeder Kreis ist wieder die Grundfläche (Basis), und die zwischen beiden enthaltene senkrechte, die Höhe des Cylinders.

35.

Den körperlichen Inhalt eines Cylinders findet man,

wenn man seine Basis mit seiner Höhe multiplicirt. Hätte der Durchmesser der Basis AB 25 Fuß, so wäre ihr Flächeninhalt $490\frac{5}{8}$ Quadratfuß. Würde nun die Höhe zu 6 Fuß angenommen, so wäre $490\frac{5}{8} \times 6 = 2943\frac{3}{4}$ Kubikfuß der Kubikinhalt des Cylinders.

36.

Ein Körper ABCDE (Fig. 186), der begrenzt wird von einer geradlinigen Fläche ABCD, und von den Dreiecken AEB, AEC 2c., welche durch die Seiten der ABCD, und die von einem außer ihr liegenden Puncte E gezogenen Linien entstehen, heißt eine Pyramide. Die Fläche ABCD ist ihre Grundfläche, die von dem Puncte E auf sie senkrechte ihre Höhe.

37.

Man findet den Kubikinhalt einer Pyramide, wenn man von dem Producte aus der Grundfläche in ihre Höhe ein Drittel nimmt. Hat z. B. die Grundfläche 30 Quadratfuß, die Höhe 5 Fuß, so ist der Kubikinhalt $\frac{30 \times 5}{3} = 50$ Kubikfuß.

Ist die Pyramide abgestumpft wie Fig. 187, so denke man die Seiten AD, BE, CF, so weit verlängert, bis sie in G zusammen treffen, berechnet hierauf die ganze Pyramide ABCG und das angenommene Stück DEFG, ziehe letzteres von ersterem ab, und man erhält den Kubikinhalt des Stückes ABCFED.

38.

Ein Körper, der von einem Kreise AB (Fig. 188) und von krummen in einen Punct C convergirenden Flächen begrenzt wird, heißt ein Kegel. AB ist seine Basis, die von C auf AB senkrecht gezogene seine Höhe.

39.

Ein Kubikinhalt eines Kegels ist gleich einem Drittel von dem Producte der Basis in die Höhe.

Ist der Kegel abgestumpft wie Fig. 189, so denke man sich seine Seiten verlängert, bis sie einen vollen Kegel AEB geben. Berechnet man nun AEB und CED, zieht eines vom andern ab, so bleibt als Rest der Inhalt des Stückes ACDB.

40.

Wird ein Kegel so geschnitten, daß der Schnitt weder mit der Basis noch mit der durch den Mittelpunct des Kreises AB und durch E gezogenen Linie, noch mit einer Seite parallel lauft, so entsteht eine Fläche, die elliptische Fläche heißt. Der Umfang dieser Fläche ist eine Ellipse.

41.

Der körperliche Inhalt einer Kugel wird gefunden, wenn man ihren Halbmesser zum Kubus erhebt, und mit $\frac{314}{75}$ multiplicirt.

Die Oberfläche einer Kugel kann man finden, wenn man den Umfang eines Kreises, der mit ihrem Halbmesser beschrieben ist, mit seinem Durchmesser multiplicirt.

Die Oberfläche mit einem Drittel des Halbmessers multiplicirt, gibt eben so, wie das vorige Verfahren, den körperlichen Inhalt der Kugel.

42.

Alle übrigen Körper lassen sich als aus den bisher Betrachteten zusammengesetzt denken. Berechnet man daher nach den vorausgeschickten Regeln jedes einzelne Stück, so gibt die Summe der gefundenen Werthe den ganzen körperlichen Inhalt.

Tafel I.

Fallhöhe			Geschwindigkeit.			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
—	—	3	1	1	5	—	8	9	6	7	4	1	5	3	9	3	4
—	—	6	1	6	11	—	9	—	6	8	6	1	5	6	9	4	3
—	—	9	1	11	3	—	9	3	6	9	7	1	5	9	9	5	4
—	1	—	2	2	10	—	9	6	6	10	8	1	6	0	9	6	0
—	1	3	2	6	0	—	9	9	6	11	9	1	6	3	9	6	11
—	1	6	2	8	10	—	10	—	7	0	10	1	6	6	9	7	5
—	1	9	2	11	5		10	3	7	1	11	1	6	9	9	8	2
—	2	—	3	1	11		10	6	7	2	11	1	7	0	9	9	0
—	2	3	3	4	3		10	9	7	3	11	1	7	3	9	9	9
—	2	6	3	6	5		11	—	7	5	0	1	7	6	9	10	6
—	2	9	3	8	6		11	3	7	6	0	1	7	9	9	11	3
—	3	—	3	10	6		11	6	7	7	0	1	8	0	10	0	0
—	3	3	4	0	4		11	9	7	8	0	1	8	3	10	0	11
—	3	6	4	2	2	1	0	0	7	8	11	1	8	6	10	1	5
—	3	9	4	3	11	1	0	3	7	9	11	1	8	9	10	2	2
—	4	—	4	5	8	1	0	6	7	10	11	1	9	0	10	2	11
—	4	3	4	7	4	1	0	9	7	11	8	1	9	3	10	3	8
—	4	6	4	8	11	1	1	0	8	0	9	1	9	6	10	4	5
—	4	9	4	10	6	1	1	3	8	1	7	1	9	9	10	5	1
—	5	—	5	—	—	1	1	6	8	2	7	1	0	0	10	5	10
—	5	3	5	1	6	1	1	9	8	3	6	1	10	3	10	6	6
—	5	6	5	2	11	1	2	0	8	4	5	1	10	6	10	7	3
—	5	9	5	4	4	1	2	3	8	6	2	1	10	9	10	8	0
—	6	—	5	6	0	1	2	6	8	6	5	1	11	0	10	8	8
—	6	3	5	7	1	1	2	9	8	6	9	1	11	3	10	9	4
—	6	6	5	8	5	1	3	0	8	7	11	1	11	6	10	10	1
—	6	9	5	9	4	1	3	3	8	8	9	1	11	9	10	10	9
—	7	—	5	10	11	1	3	6	8	9	8	2	10	0	10	11	5
—	7	3	6	0	3	1	3	9	8	11	0	2	0	6	11	0	10
—	7	6	6	1	7	1	4	0	8	11	4	2	1	0	11	2	2
—	7	9	6	2	8	1	4	3	8	11	7	2	1	6	11	3	6
—	8	—	6	3	11	1	4	6	9	1	0	2	2	0	11	4	10
—	8	3	6	5	1	1	4	9	9	1	3	2	2	6	11	6	1
—	8	6	6	6	3	1	5	0	9	2	6	2	3	0	11	7	5

Fallhöhe			Geschwindigkeit.			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
2	3	6	11	8	8	3	8	6	14	11	0	5	1	6	17	6	5
2	4	0	11	10	0	3	9	0	15	0	0	5	2	0	17	7	3
2	4	6	11	11	2	3	9	6	15	1	0	5	2	6	17	8	1
2	5	0	12	0	6	3	10	0	15	2	0	5	3	0	17	9	0
2	5	6	12	1	9	3	10	6	15	3	0	5	3	6	17	9	10
2	6	0	12	3	0	3	11	0	15	3	11	5	4	0	17	10	8
2	6	6	12	4	3	3	11	6	15	4	11	5	4	6	17	11	5
2	7	0	12	5	5	4	0	0	16	5	10	5	5	0	18	0	4
2	7	6	12	6	7	4	0	6	15	6	10	5	5	6	18	1	2
2	8	0	12	7	10	4	1	0	15	7	10	5	6	0	18	2	0
2	8	6	12	9	0	4	1	6	15	8	10	5	6	6	18	2	10
2	9	0	12	11	0	4	2	0	15	9	9	5	7	0	18	3	8
2	9	6	12	11	8	4	2	6	15	10	8	5	7	6	18	4	6
2	10	0	13	0	5	4	3	0	15	11	7	5	8	0	18	5	3
2	10	6	13	1	7	4	3	6	16	0	7	5	8	6	18	6	1
2	11	0	13	2	9	4	4	0	16	1	6	5	9	0	18	6	11
2	11	6	13	3	10	4	4	6	16	2	5	5	9	6	18	7	9
3	0	0	13	5	0	4	5	0	16	3	4	5	10	0	18	8	3
3	0	6	13	6	1	4	5	6	16	4	3	5	10	6	18	9	3
3	1	0	13	7	3	4	6	0	16	5	2	5	11	0	18	9	10
3	1	6	13	8	4	4	6	6	16	6	1	5	11	6	18	10	11
3	2	0	13	9	5	4	7	0	16	7	0	6	0	0	18	11	8
3	2	6	13	10	6	4	7	6	16	7	11	6	0	6	19	0	6
3	3	0	13	11	7	4	8	0	16	8	10	6	1	0	19	1	3
3	3	6	14	0	8	4	8	6	16	9	8	6	1	6	19	2	0
3	4	0	14	1	8	4	9	0	16	10	7	6	2	0	19	2	10
3	4	6	14	2	9	4	9	6	16	11	6	6	2	6	19	3	7
3	5	0	14	3	10	4	10	0	17	0	4	6	3	0	19	4	4
3	5	6	14	4	10	4	10	6	17	1	3	6	3	6	19	5	2
3	6	0	14	5	11	4	11	0	17	2	1	6	4	0	19	5	11
3	6	6	14	6	11	4	11	6	17	2	11	6	4	6	19	6	8
3	7	0	14	7	11	5	0	0	17	3	10	6	5	0	19	7	5
2	7	6	14	9	0	5	0	6	17	4	8	6	5	6	19	8	3
3	8	0	14	10	0	5	1	0	17	5	7	6	6	0	19	9	0

Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
6	6	6	19	2	9	7	11	6	21	10	3	9	4	6	23	8	7
6	7	0	19	5	6	8	0	0	21	10	11	9	5	0	23	9	3
6	7	6	19	11	3	8	0	6	21	11	7	9	5	6	23	9	10
6	8	0	20	0	0	8	1	0	22	0	3	9	6	0	23	10	6
6	8	6	20	0	9	8	1	6	22	0	11	9	6	6	23	11	1
6	9	0	20	1	6	8	2	0	22	1	8	9	7	0	23	11	9
6	9	6	20	2	3	8	2	6	22	2	4	9	7	6	24	0	4
6	10	0	20	3	0	8	3	0	22	3	0	9	8	0	24	1	0
6	10	6	20	3	9	8	3	6	22	3	8	9	8	6	24	1	9
6	11	0	20	4	5	8	4	0	22	4	4	9	9	0	24	2	3
6	11	6	20	5	2	8	4	6	22	5	0	9	9	6	24	2	10
7	0	0	20	5	11	8	5	0	22	5	8	9	10	0	24	3	6
7	0	6	20	6	8	8	5	6	22	6	4	9	10	6	24	4	1
7	1	0	20	7	5	8	6	0	22	7	0	9	11	0	24	4	8
7	1	6	20	8	1	8	6	6	22	7	8	9	11	6	24	5	4
7	2	0	20	8	10	8	7	0	22	8	4	10	0	0	24	5	11
7	2	6	20	9	7	8	7	6	22	9	0	10	0	6	24	6	6
7	3	0	20	10	3	8	8	0	22	9	8	10	1	0	24	7	2
7	3	6	20	11	0	8	8	6	22	10	4	10	1	6	24	7	9
7	4	0	20	11	9	8	9	0	22	10	11	10	2	0	24	8	5
7	4	6	21	0	5	8	9	6	22	11	7	10	2	6	24	9	0
7	5	0	21	1	2	8	10	0	23	0	3	10	3	0	24	9	7
7	5	6	21	1	10	8	10	6	23	0	11	10	3	6	24	10	2
7	6	0	21	2	9	8	11	0	23	1	7	10	4	0	24	10	9
7	6	6	21	3	3	8	11	6	23	2	2	10	4	6	24	11	5
7	7	0	21	4	0	9	0	0	23	2	10	10	5	0	25	0	0
7	7	6	21	4	8	9	0	6	23	3	6	10	5	6	25	0	7
7	8	0	21	5	4	9	1	0	23	4	2	10	6	0	25	1	2
7	8	6	21	6	1	9	1	6	23	4	9	10	6	6	25	1	9
7	9	0	21	6	9	9	2	0	23	5	5	10	7	0	25	2	5
7	9	6	21	7	6	9	2	6	23	6	1	10	7	6	25	3	0
7	10	0	21	8	2	9	3	0	23	6	8	10	8	0	25	3	7
7	10	6	21	8	10	9	3	6	23	7	4	10	8	6	25	4	2
7	11	0	21	9	6	9	4	0	23	8	0	10	9	0	25	4	9

Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit			Fallhöhe			Geschwindigkeit		
Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien	Fuß	Zoll	Linien
10	9	6	25	5	4	12	2	6	27	0	9	13	7	6	28	7	1
10	10	0	25	5	11	12	3	0	27	1	4	13	8	0	28	7	7
10	10	6	25	6	6	12	3	6	27	1	10	13	8	6	28	8	2
10	11	0	25	7	1	12	4	0	27	2	5	13	9	0	28	8	8
10	11	6	25	7	8	12	4	6	27	3	0	13	9	6	28	9	2
11	0	0	25	8	3	12	5	0	27	3	6	13	10	0	28	9	8
11	0	6	25	8	10	12	5	6	27	4	1	13	10	6	28	10	3
11	1	0	25	9	5	12	6	0	27	4	8	13	11	0	28	10	9
11	1	6	25	10	0	12	6	6	27	5	2	13	11	6	28	11	4
11	2	0	25	10	7	12	7	0	27	5	9	14	0	0	28	11	9
11	2	6	25	11	2	12	7	6	27	6	3	14	0	6	29	0	4
11	3	0	25	11	9	12	8	0	27	6	10	14	1	0	29	1	0
11	3	6	26	0	4	12	8	6	27	7	4	14	1	6	29	1	4
11	4	0	26	0	11	12	9	0	27	7	11	14	2	0	29	1	10
11	4	6	26	1	6	12	9	6	27	8	5	14	2	6	29	2	4
11	5	0	26	2	1	12	10	0	27	9	0	14	3	0	29	2	11
11	5	6	26	2	8	12	10	6	27	9	6	14	3	6	29	3	5
11	6	0	26	3	2	12	11	0	27	10	1	14	4	0	29	3	11
11	6	6	26	3	9	12	11	6	27	10	7	14	4	6	29	4	5
11	7	0	26	4	4	13	0	0	27	11	1	14	5	0	29	4	11
11	7	6	26	4	11	13	0	6	27	11	8	14	5	6	29	5	5
11	8	0	26	5	6	13	1	0	28	0	2	14	6	0	29	5	11
11	8	6	26	6	1	13	1	6	28	0	9	14	6	6	29	6	5
11	9	0	26	6	7	13	2	0	28	1	3	14	7	0	29	7	0
11	9	6	26	7	2	13	2	6	28	1	10	14	7	6	29	7	6
11	10	0	26	7	9	13	3	0	28	2	4	14	8	0	29	8	0
11	10	6	26	8	4	13	3	6	28	2	11	14	8	6	29	8	6
11	11	0	26	8	10	13	4	0	28	3	5	14	9	0	29	9	0
11	11	6	26	9	5	13	4	6	28	3	11	14	9	6	29	9	6
12	0	0	26	10	0	13	5	0	28	4	6	14	10	0	29	10	0
12	0	6	26	10	7	13	5	6	28	5	0	14	10	6	29	10	6
12	1	0	26	11	1	13	6	0	28	5	6	14	11	0	29	11	0
12	1	6	26	11	8	13	6	6	28	6	1	14	11	6	29	11	6
12	2	0	27	0	3	13	7	0	28	6	7	15	0	0	30	0	0

Tafel II.

Das specifische Gewicht einiger Körper.

A. Metalle.

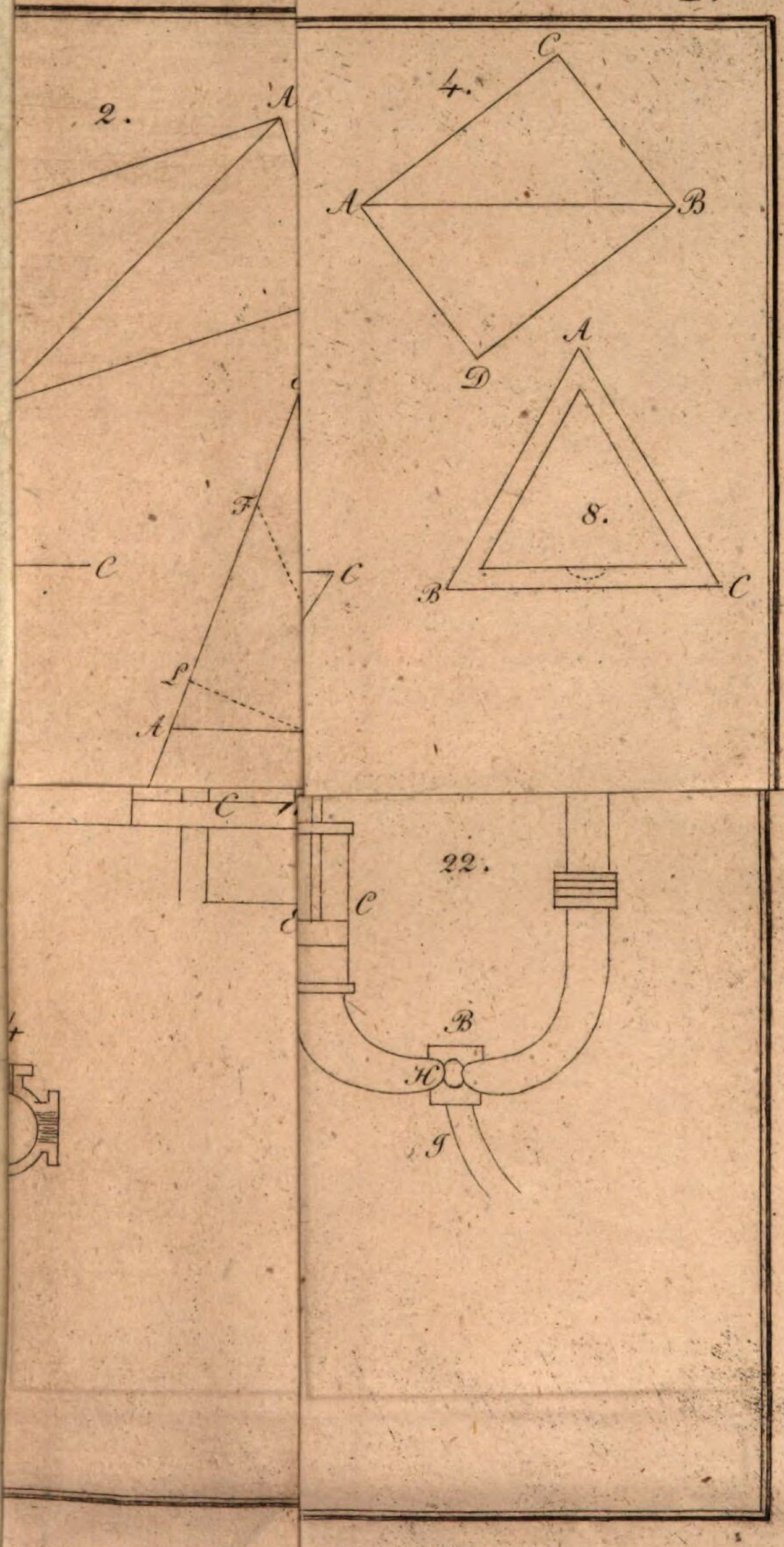
Benennung der Körper.	Specifisches Gewicht	
	auf das Wasser bezogen.	eines Kubikfußes.
Platin	$21\frac{3}{10}$	1203 Pf.
Gold	$19\frac{3}{10}$	1091 =
Blei	$11\frac{3}{10}$	638 =
Silber	$10\frac{6}{10}$	598 =
Wismuth	$9\frac{8}{10}$	553 =
Kupfer gehämmert	9	508 =
Kupfer zu Draht gezogen	$8\frac{8}{10}$	452 =
Zinn gegossen	$7\frac{3}{10}$	412 =
Zinn gehämmert	$7\frac{8}{10}$	441 =
Stahl	$7\frac{8}{10}$	441 =
Schmiedeisen	$7\frac{7}{10}$	435 =
Roheisen	$7\frac{2}{10}$	406 =
Zink gehämmert	$7\frac{8}{10}$	441 =
Zink gegossen	$7\frac{2}{10}$	406 =

B. Holzarten.

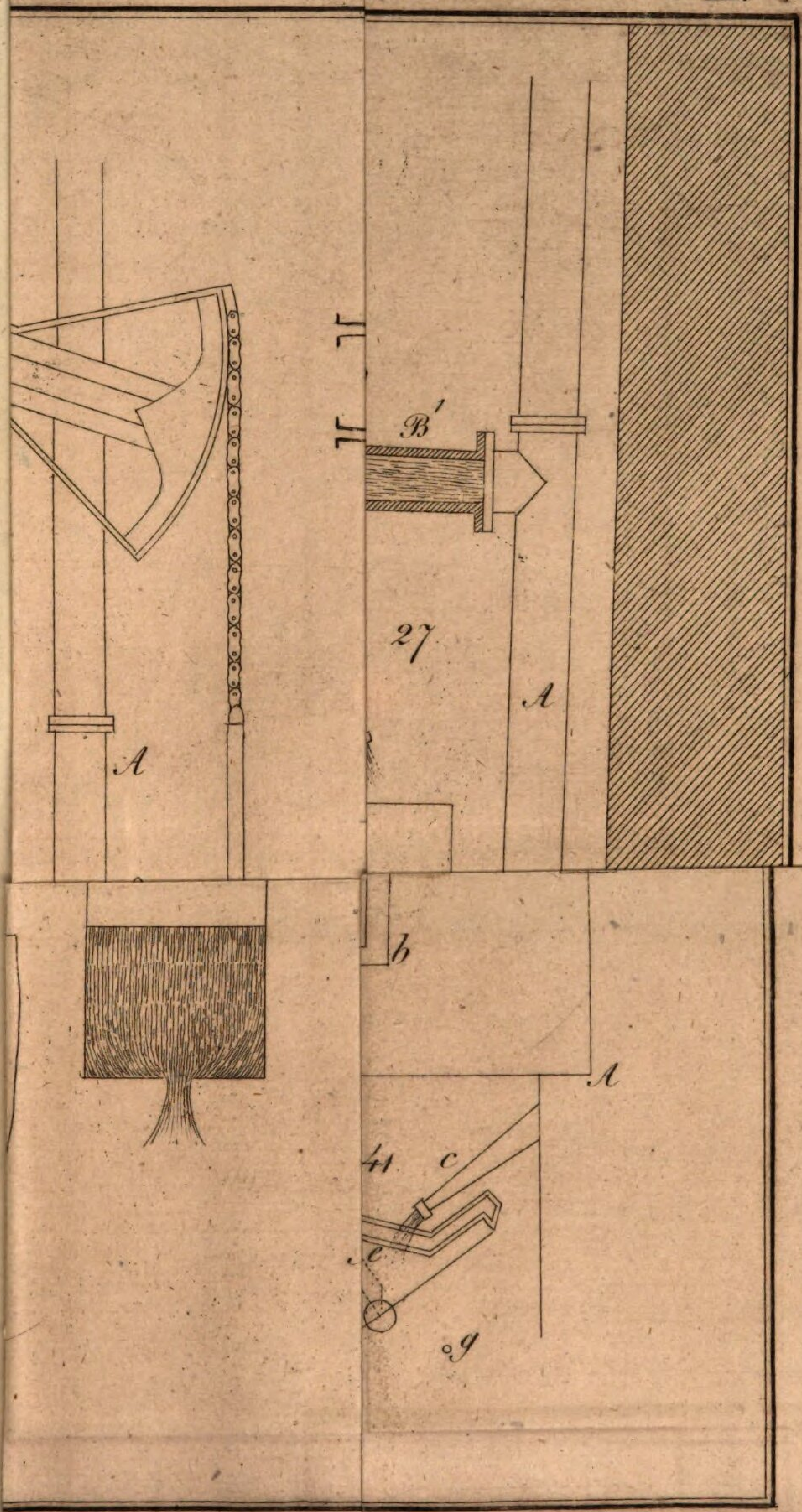
Buchsholz holländisch.	$1\frac{33}{100}$	57 Pf.
Ebenholz	$1\frac{20}{100}$	$67\frac{3}{4}$ =
Eichenholz	$1\frac{17}{000}$	66 =
Buchenholz	$\frac{85}{100}$	48 =
Pflaumenholz	$\frac{78}{100}$	44 =
Erlenholz	$\frac{67}{100}$	$37\frac{3}{4}$ =
Birnbaumholz	$\frac{66}{100}$	$37\frac{1}{5}$ =
Lindenholz	$\frac{60}{100}$	34 =
Tannenholz	$\frac{55}{100}$	31 =
Pappelholz	$\frac{38}{100}$	$21\frac{1}{2}$ =
Korkholz	$\frac{24}{100}$	$13\frac{1}{2}$ =

Wien, gedruckt bei Ferdinand Ullrich.

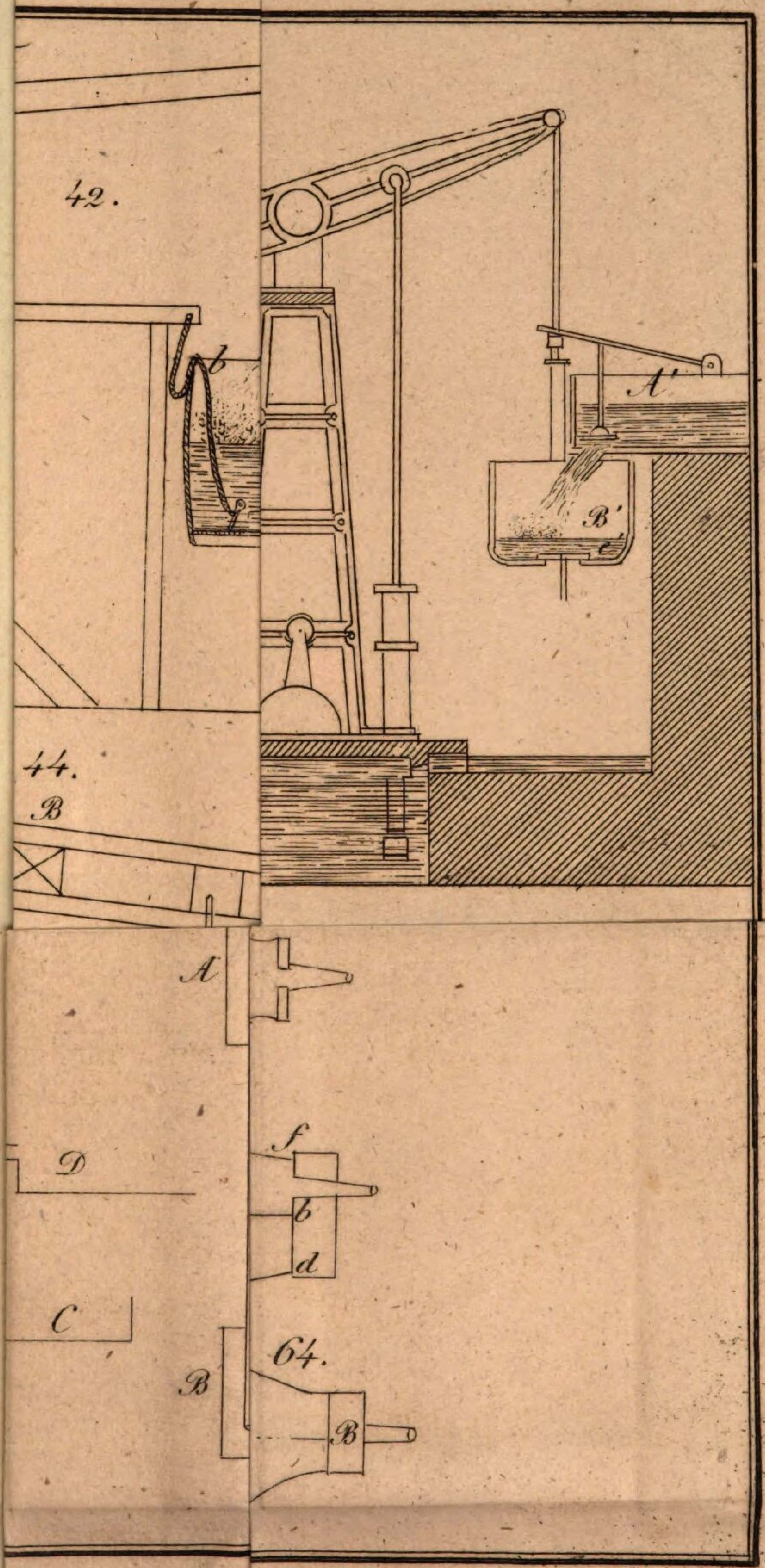
I.



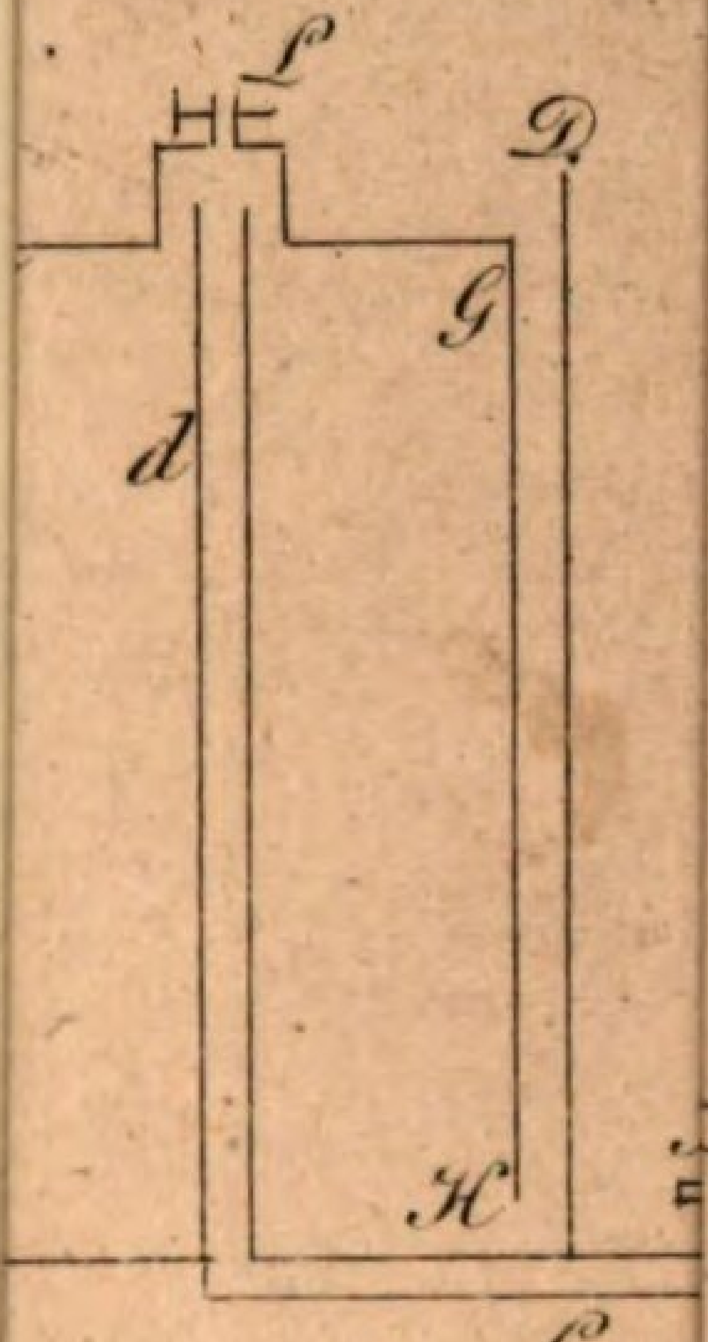
II.



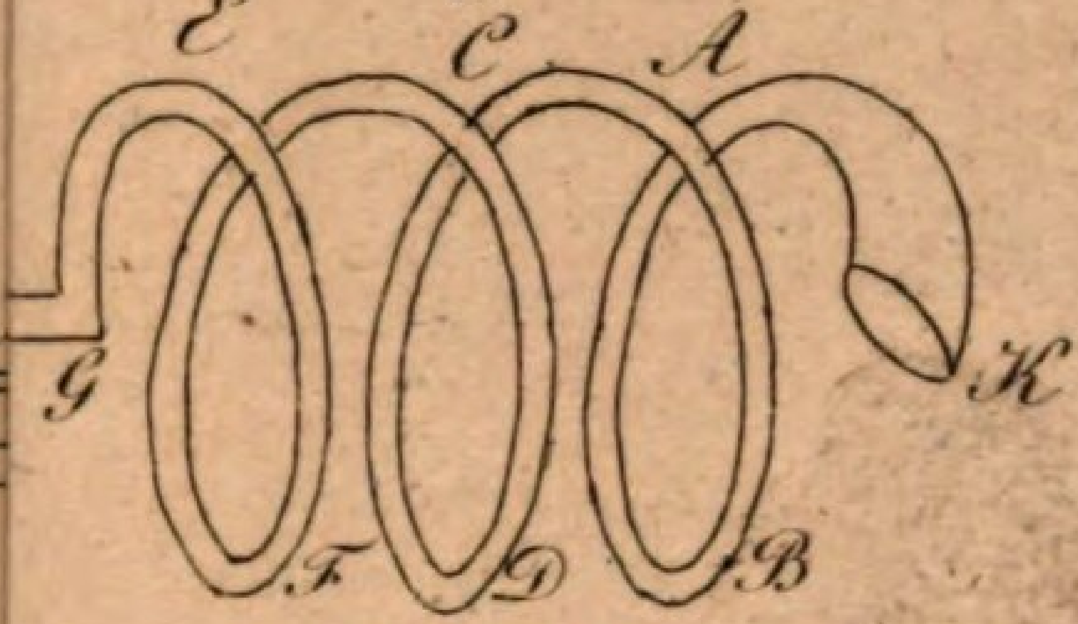
III.

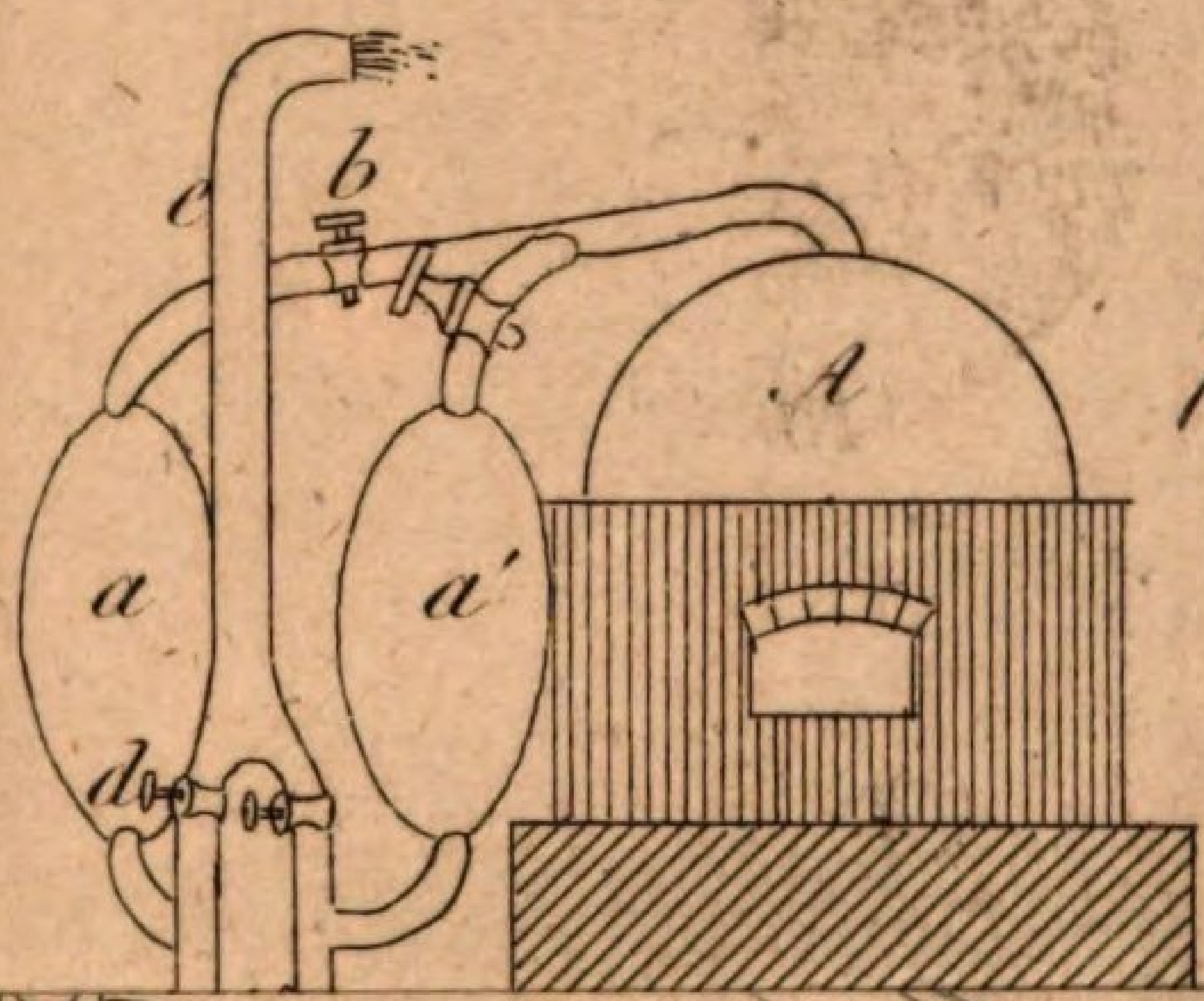


IV.

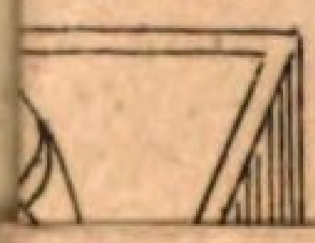


69.

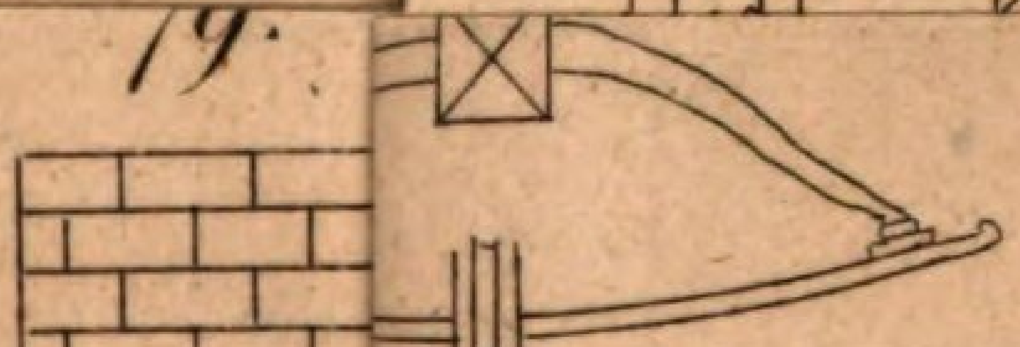




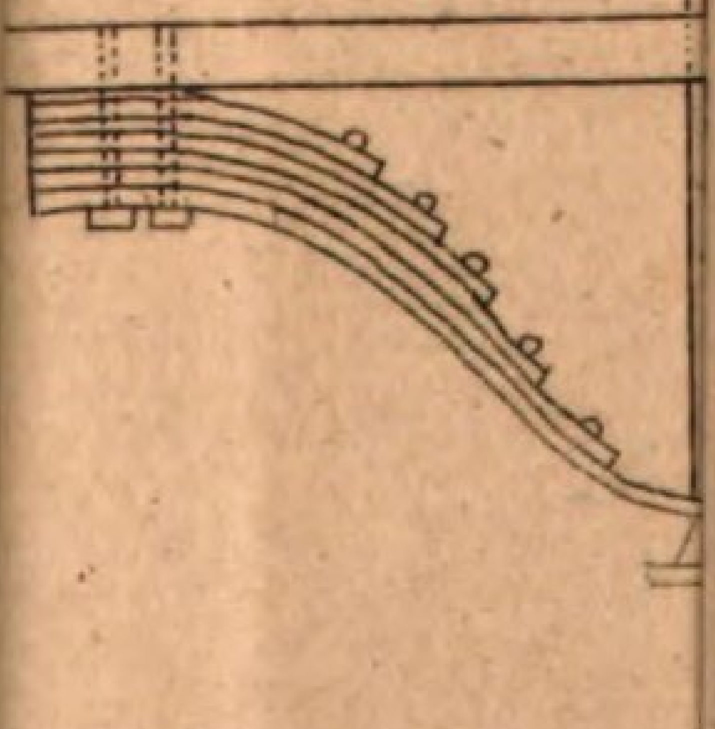
71.



19.

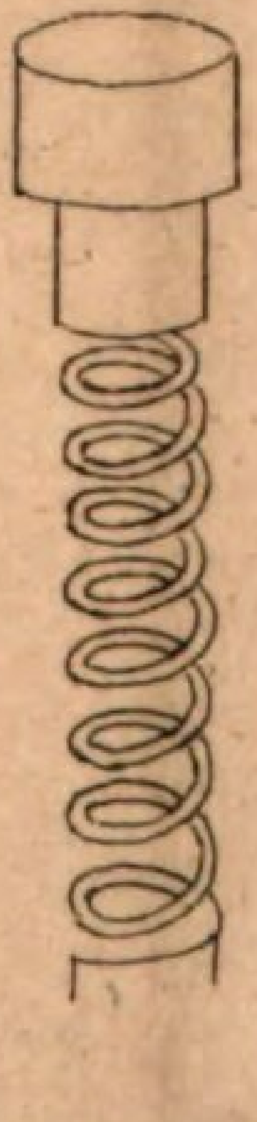


82.b



82. d

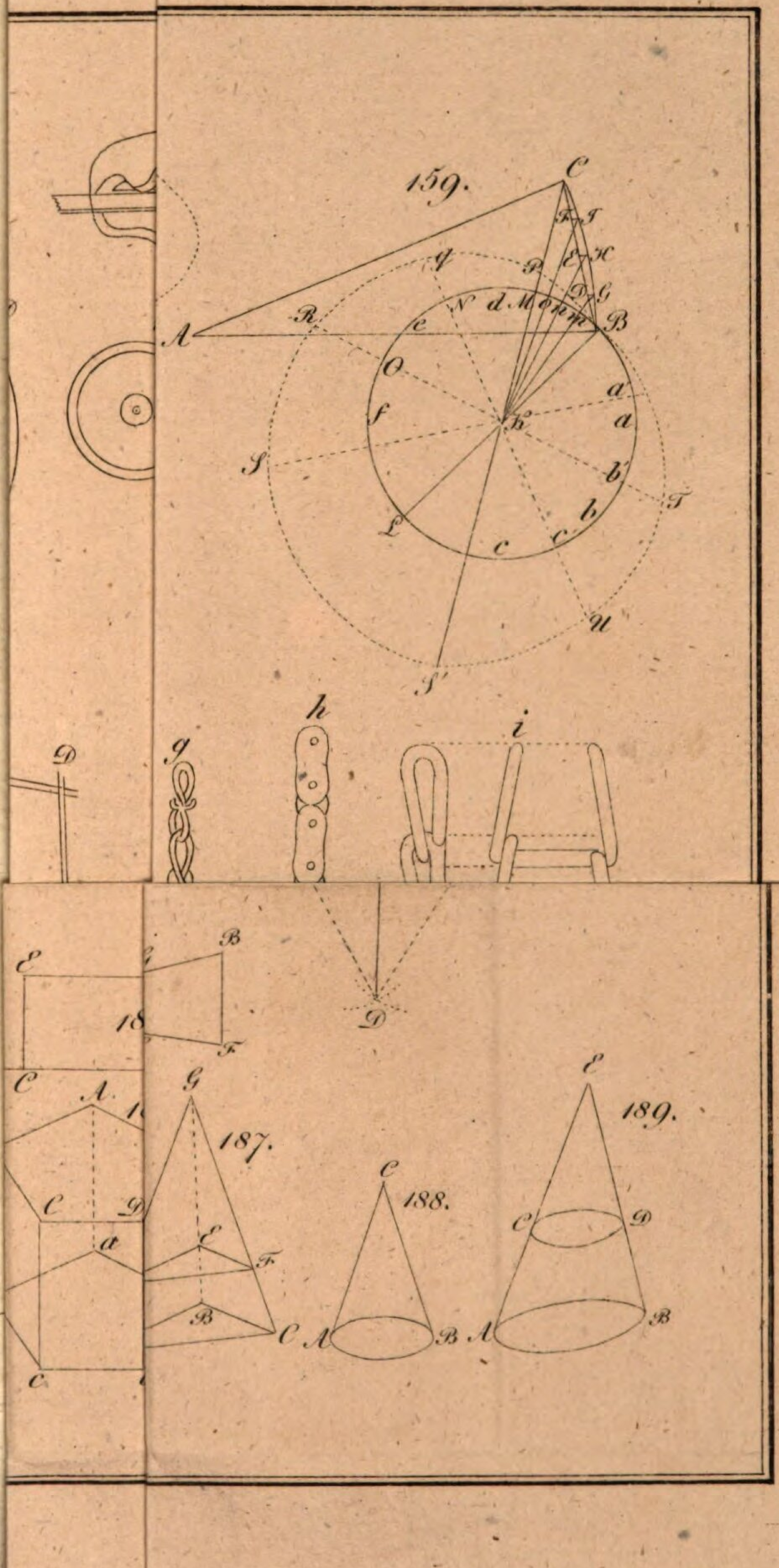
81. c



IV.

VII.

VIII.



Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Baumgartner, Andreas <<von>>,

Die Mechanik in ihrer Anwendung auf Künste und Gewerbe gemeinverständlich dargestellt

Wien 1823

BHS III 32
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708288-8